

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ  
ВОСТОЧНОУКРАИНСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
имени ВЛАДИМИРА ДАЛЯ

Рамазанов С.К.  
Припотень В.Ю.

**МЕТОДИ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ  
УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЕМ В УСЛОВИЯХ  
НЕСТАБИЛЬНОСТЕЙ**

Луганск 2006

УДК  
ББК  
Р 21

Рекомендовано Вченою радою  
Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля

Відповідальний редактор:  
*Уманський О.М.*, доктор економічних наук, професор НДІ соціально-трудових відносин Міністерства праці та соціальної політики України

Рецензенти:  
*Клиняненко Б. Т.*, директор Луганського філіалу Інституту економіко-правових досліджень НАН України, доктор економічних наук, професор.  
*Заруба В. Я.*, декан факультету управління, завідувач кафедри економічної кібернетики та маркетингового менеджменту Національно технічного університету „ХПІ” доктор економічних наук, професор.

**Рамазанов С.К., Припотень В.Ю.**

**Р21 Методи та інформаційні технології управління підприємствами в умовах нестійкості:** Монографія. - Луганськ: вид-во СНУ ім. В.Далі, 2006. - с.: табл. 3. іл. 34. бібліогр. 158 назв.

**ISBN 966 - 590 - 603 - 8**

Монографія присвячена актуальній проблемі глибокого застосування інформаційних технологій економіко-екологічного управління виробничою системою (ВС) в умовах нестійкості. Розглядаються задачі економіко-математичного моделювання з урахуванням „НЕ-факторів” як основа інформаційних технологій управління підприємством. Визначені основні проблеми інформатизації еколого-економічного моделювання та управління (ЕЕМУ) ВС в умовах трансформаційної економіки для промислового підприємства і розглядаються рішення цих проблем в динаміці. Розроблені елементи інтегрованої інтелектуальної комп’ютеризованої системи еколого-економічного моніторингу, моделювання та управління підприємством, моделі оптимізації управління в ЕЕМУ, підходи діагностики критичного стану, особливості та технології антикризисного інформаційного управління, віртуальні технології і др.

Монографія рекомендується для наукових працівників, викладачів, аспірантів, студентів і всіх тих, хто цікавиться визначеними питаннями.

УДК  
ББК

ISBN 966-590-603-8

© Рамазанов С.К., Припотень В.Ю.

© Східноукраїнський  
національний університет  
імені Володимира Далі, 2006

## **ГЛАВА 1. ПРОБЛЕМА ИНФОРМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЕМ В УСЛОВИЯХ ТРАНСФОРМАЦИИ ЭКОНОМИКИ...10**

- 1.1. Производственные системы в условиях трансформации экономики... 14
- 1.2. Экономико-экологическое управление (ЭЭУ) предприятием и его интеллектуализация..... 16
- 1.3. Типовые проблемы автоматизации ЭЭУ предприятием (на примере ОФ)..... 19
- 1.4. Проблема нелинейного анализа процессов в производственно-экономических системах с хаотической динамикой (краткий обзор) ..... 26

## **ГЛАВА 2. ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЕМ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ И РИСКОВ.....32**

- 2.1. Динамическая модель управления предприятием в условиях рисков и неопределенностей ..... 32
- 2.2. Интегральная нелинейная модель управления предприятием ..... 36
- 2.3. Нелинейная стохастическая модель управления предприятием..... 40
- 2.4. Моделирование инновационных процессов на предприятии ..... 48
- 2.5. Моделирование и управление рисками на предприятии в условиях смешанной неопределенности ..... 60

## **ГЛАВА 3. ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ (ЭММ) И АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЕМ.....71**

- 3.1. Интеллектуальное управление предприятием в условиях смешанной неопределенности ..... 71
- 3.2. Интеллектуальная система моделирования и управления экономическими рисками..... 98
- 3.3 Интегральная модель интеллектуального управления производственной системой, основанной на знаниях ..... 107
- 3.4. Нечеткая модель ПЭС в условиях корпоративного управления..... 111

## **ГЛАВА 4. ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЕМ В УСЛОВИЯХ НЕСТАБИЛЬНОСТЕЙ.....114**

- 4.1. Обобщенный критерий управления предприятием ..... 114
- 4.2. Локальные критерии управления ..... 117

4.3. Оптимизация экономико-экологического управление предприятием	121
4.4. Модели оптимизации инвестиционных проектов предприятия в условиях рисков .....	126
4.5. Проблема моделирования динамики риска при многокритериальной оптимизации и в условиях неопределенности.....	133

## **ГЛАВА 5. СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ АНТИКРИЗИСНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЕМ.....136**

5.1. Проблемы антикризисного управления промышленным предприятием .....	136
5.2. Особенности использования информационных технологий в антикризисном управлении предприятием.....	139
5.3. Информационно - энтропийный подход анализа состояния предприятия.....	166
5.4. Интеллектуальная система диагностики кризисного состояния предприятия.....	177
5.5. Технология антикризисного управления предприятием .....	184
5.6. Виртуальные технологии и системы в антикризисном управлении предприятием .....	205

## **Список использованной литературы.....212**

*«Мы столько можем, сколько знаем»*

Френсис Бэкон

*«Никакое человеческое исследование не  
может почитаться истинной  
наукой, если оно не изложено математиче-  
скими способами выражения».*

*Леонардо да Винчи*

## **ВВЕДЕНИЕ**

В современных условиях трансформации экономики и перехода к рыночным отношениям функционирование и развитие социально-экономических и экологических структур характеризуются нестабильностью, нелинейностью и динамичностью основных показателей и параметров. Поведение производственно-экономических субъектов все усложняется, разнообразие альтернатив усиливает неопределенность экономической ситуации. В связи с этим возникают трудности при определении стратегии развития и функционирования предприятия с точки зрения рациональности, оптимизирующего поведения участников рынка и равновесия. Часто действие рыночных механизмов рассматривается преимущественно лишь посредством статической теории общего равновесия, основное внимание в котором уделяется вопросам стойкости, однородности и порядка. Однако реальный рынок характеризуется неоднородной структурой, динамикой, информационной неопределенностью, рисками и конкуренцией. Эффективность функционирования предприятия во многом определяется системой управления, которая обеспечивает реализацию комплекса взаимосвязанных видов деятельности (производственной, маркетинговой, инвестиционной, инновационной и др.). В условиях нестабильной экономики на финансово-производственную систему предприятия влияет большое количество возмущений конъюнктурного, инфляционного, социального и другого характера. Действие таких возмущений приводит к потерям предприятием финансовой стойкости, уменьшения объемов производства, снижения спроса на производимую продукцию и тому подобное. Все это приводит к неплатежеспособности, кризисной ситуации и банкротству. Для этого нужно иметь эффективную систему управления и принятия оперативных решений. Актуальным направлением решения этой проблемы является разработка гибкой системы интеллектуального

управления предприятием, которая позволяет оперативно диагностировать неблагоприятно состояние финансово-производственной системы предприятия и своевременно приводить в действие механизмы, которые возвращают систему к равновесию. С этой целью необходимо рассматривать предприятие в рыночной среде за маневренностью, эластичностью и надежностью, что дают ему равновесие [1-9].

Деятельность отечественных предприятий в новой экономической ситуации характеризуется следующими факторами: отделением предприятий как хозяйственных субъектов; приватизацией и появлением предприятий разных форм собственности; корпоратизацией предприятий, усложнением их структуры; повышением динамики рынка и появлением конкуренции; освоением новых высокоэффективных технологий и др.

Недостаточное внимание к вопросу выработки и реализации стратегии развития и функционирования предприятий не позволяет решать проблемы их реструктуризации и диверсификации производства, без которых, в свою очередь, невозможно снизить уровень расходов и повысить конкурентоспособность выпускаемой продукции или предоставленной услуги. Необходимость учета динамической и нестабильной экономико-экологической среды предопределяет детальное изучение вопросов эффективного управления предприятием. Наличие многоуровневой структуры управления, которая имеет очень сложную систему связей и взаимодействия между подразделениями, с одной стороны, и внешней средой, с другой является основной необходимостью информатизации производственно-экономических систем.

Современный этап развития процесса управления предприятием характеризуется следующими факторами [7]: сокращением промежуточных звеньев передачи информации; уменьшением времени между возникновением информации и ее практической реализацией в виде управленческого решения; интенсификацией информатизации общества в целом; существованием глобальных сетей, то есть отсутствием территориальных границ; ростом и переплетением промышленного, финансового и интеллектуального капитала; созданием и использованием телекоммуникационных компьютерных систем; растущей международной интеграцией; ускорением кооперации; наращиванием сложности продукции, что производится; качественно новым характером связи между предприятиями и тому по-

добное. Происходит структурная трансформация целых отраслей производства, что вызывает изменения способов конкуренции, а это в свою очередь создает предпосылки для пересмотра стратегии бизнеса. Основным ресурсом управления предприятием становится информация, которая выполняет интегрирующую роль и является необходимой составляющей при использовании всех других ресурсов. Информация в рыночных условиях становится товаром, и тогда она имеет потребительскую стоимость, бизнес становится информационным процессом. Информационный продукт имеет ряд свойств: он может быть использован несколькими производственными процессами в разных местах; создание стоимости отражает не только последовательность материальных преобразований, но и содержит всю информацию, которая двигается как внутри предприятия, так и во внешней среде. Информационные потоки являются частью конкурентных преимуществ предприятия, потому что в конкуренции принимает участие, как производимая продукция, так и информация. Это определяется тем, что информация может существовать вместе с продуктом и без него, при этом будет сохранять свою потребительскую стоимость. Созданию каждого продукта или услуги предшествует создание информационного продукта, но не каждый информационный продукт принимает участие в материальном производстве. Все это предопределяет применение для управления предприятием информационных технологий, которые должны быть реализованы с учетом «НЕ-факторов», предлагаемых в данной монографии[1,3,6]. В условиях трансформирования экономики Украины, когда изучаемые процессы нередко оказываются непредсказуемыми и неконтролируемыми, традиционные методы моделирования и управления социально-экономическими системами(СЭС) становятся непродуктивными. Традиционная управленческая наука все меньше соответствует практическим интересам. При высокой динамичности и нестабильности внешней среды возникает необходимость применения методов и подходов новой науки управления, концентрирующей свое внимание на теории сложных систем и нелинейной динамики, с помощью которой сложные системы управления могут эффективно справляться с неопределенностью и быстрыми изменениями[10-20].

Разработка и использование современных информационных технологий для управления предприятием основываются на внедрении интегрированной технологии обработки информации в условиях

использования баз данных, баз знаний, сетей ЭВМ, создании математических методов и средств компьютерного моделирования системы обработки данных с применением банка моделей и банка алгоритмов, создании средств общения конечных пользователей с ПК на основе АРМов, что предусматривают наличие экспертных систем и т.д.

В данной работе информационные технологии управления предприятием реализуются путем создания интегрированной интеллектуальной компьютеризированной системы на основе использования экономико-математических методов, компьютерной техники и средств коммуникации, т.е. реализуют принципиально новую платформу управления, что основывается на интеграции управленческой информации посредством механизма обобщения информационной базы данных и знаний.

Отметим, что проблема комплексной автоматизации стала актуальной для каждого предприятия. Уже не стоит вопрос “надо или не надо автоматизировать”, предприятия столкнулись с проблемой: каким образом это осуществить. Подобная переориентация предприятий объясняется следующими основными причинами: повышением степени организационной и финансовой самостоятельности; выходом на зарубежный рынок; стремлением ряда западных компаний производить свои товары в нашей стране; завершением периода автономии автоматизации; возрастающей ориентацией предприятий на бизнес-процессы, т.е. деятельности, имеющие ценность для клиента; появлением на рынке как зарубежных, так и отечественных систем автоматизации, опыта их внедрения и использования и др. Также следует отметить, что для большинства предприятий необходим и предваряющий автоматизацию этап - наведение порядка в их деятельности, создание рациональных технологий и бизнес-процессов. В современных экономических условиях происходит массовый реинжиниринг и бизнес-инжиниринг[93].

Монография состоит из введения, пяти глав и заключения. Во введении обосновывается актуальность и пути решения проблемы создания интегрированных автоматизированных систем управления и поддержки принятия решений с элементами интеллектуальности для промышленных предприятий на основе эколого-экономического моделирования.

Первая глава посвящена рассмотрению проблем информатизации эколого-экономического управления производственной системой



(ПС), возникающих в условиях трансформации и перехода к рыночным отношениям.

Во второй главе разработаны эколого-экономические модели управления ПС, учитывающие наличие нестабильности внешней среды, нелинейности связей, динамику, стохастичность и смешанная неопределенность информации, рисков и др.

Третья глава посвящена вопросам синтеза интегрированной интеллектуальной компьютеризированной системы эколого-экономического мониторинга, управления и принятия решений для повышения эффективности функционирования и развития ПС (на примере углеобогащительной фабрики - ОФ, как полигона отработки предлагаемых подходов), разработки экономико-экологических моделей, средств автоматизации и интеллектуального управления в условиях смешанной неопределенности, синтеза гибридного управления предприятием на основе фузи-нейронной системы, создания интеллектуальной системы моделирования и управления при наличии экономических рисков и др.

В четвертой главе работы разработаны методы оптимизации процессом управления ПС (на примере ОФ), функционирующей в условиях нестабильностей: критерий управления предприятием, оптимизация управления предприятием в системе эколого-экономического мониторинга, модели оптимизации инвестиционных проектов предприятия в условиях рисков и др.

В пятой главе рассматриваются вопросы использования информационных технологий для антикризисного управления предприятием, а именно: проблемы антикризисного управления промышленным предприятием, особенности использования информационных технологий в антикризисном управлении предприятием, информационно-энтропийный подход анализа состояния предприятия, интеллектуальная система диагностики кризисного состояния предприятия, технология антикризисного управления предприятием, виртуальные технологии в антикризисном управлении предприятием.

Изложенные в работе результаты получены при выполнении научно-исследовательских работ на кафедре экономической кибернетики Восточноукраинского национального университета имени Владимира Даля по приоритетным научным направлениям Министерства образования и науки Украины.

Авторы с благодарностью учтут замечания и пожелания и просим их присылать по адресу [rsk@ec.snu.ed.ua](mailto:rsk@ec.snu.ed.ua).

## ГЛАВА 1. ПРОБЛЕМА ИНФОРМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЕМ В УСЛОВИЯХ ТРАНСФОРМАЦИИ ЭКОНОМИКИ

**Введение.** Проблемы охраны окружающей природной среды (ОПС) приобрели первостепенное (глобальное) значение. Различными ведомствами за многие годы создано громадное количество ценнейшей информации о состоянии окружающей среды. Например, в СНГ существует более 1500 станций и постов контроля, наблюдающих за загрязнением атмосферного воздуха (приблизительно в 500 городах и населенных пунктах), за загрязнением внутренних водоемов — около 4000, за загрязнением моря — более 2000 постов контроля и т.д. Однако обострение экологической и радиационной ситуации привело к срочной необходимости дальнейшего усиления и качественно нового подхода к созданию системы экологического мониторинга, контроля и принятия обоснованных управленческих решений, направленных на улучшение и стабилизацию экологической обстановки в целом.

Из числа промышленных регионов Украины Донбасс, несмотря на принимаемые меры, на сегодняшний день остается наиболее неблагоприятным с точки зрения экологической ситуации. Основными виновниками такой обстановки являются промышленные предприятия, плотность размещения которых самая высокая из всех областей Украины. Значительным источником загрязнения ОПС является производственная деятельность углеобогачительных фабрик (т.е. ее производственно-транспортных комплексов — ПТК) (рис.1.1).

Наиболее интенсивными являются пылегазовые выбросы и сточные воды. Основными видами загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу, является угольная и породная пыль, оксид углерода, двуоксиды азота и серы и сероводород. Производственные сточные воды содержат твердые частицы минерального и органического происхождения, а также растворенные минеральные соли: хлориды, нитраты, нитриты, сульфаты и др.

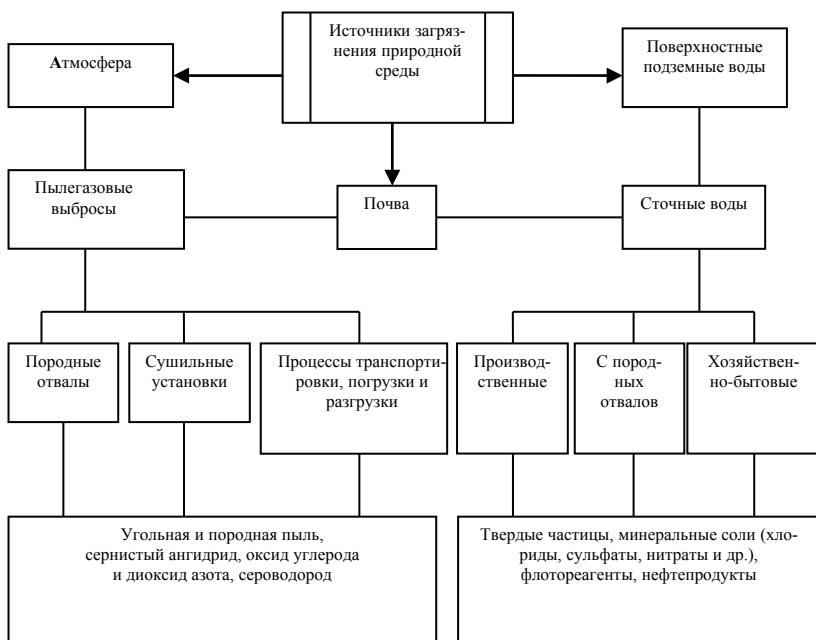


Рис.1.1.1. Источники загрязнения окружающей природной среды в результате производственной деятельности ОФ

По-видимому, в обозримом будущем сохранится тенденция увеличения объёмов обогащения углей с одновременным ростом их зольности, поэтому будет постоянно увеличиваться выпуск породы и особенно отходов флотации из-за увеличения охвата обогащением мелких классов угля. Следствием этого будет рост количества угля, подвергаемого сушке, и соответствующее увеличение выбросов в атмосферу угольной пыли и вредных газов, поскольку термическая сушка является наиболее интенсивным источником загрязнения окружающей среды из всех технологических процессов обогатительных фабрик (ОФ).

Фундаментальным решением проблемы сокращения вредных выбросов при углеобогащении в перспективе является создание новой экологически чистой безотходной технологии, например, переработка угля в жидкое или газообразное состояние химическими или биологическими методами. В ближайшее время, по-видимому, найдут применение менее радикальные, но достаточно эффективные методы, например, такие как строительство подземных обогатительных

фабрик, использование отходов обогащения в строительной индустрии, создание более совершенного оборудования, автоматический контроль над источниками загрязнения, а также автоматическая оптимизация технологических процессов с целью сокращения вредных выбросов.

Потребности в угле как энергоносителе и химическом сырье непрерывно возрастают, поэтому совершенствование методов его переработки и повышение их эффективности являются актуальными проблемами народного хозяйства. Процессы переработки угля постоянно усложняются, характеризуются значительной мощностью потоков материалов и энергии, высокой стоимостью товарных продуктов, вредным воздействием на окружающую среду. Неполное использование возможностей технологических процессов и оборудования приводят к значительному экономическому ущербу и снижению экологической безопасности.

Одним из направлений развития угольной промышленности является создание автоматизированных процессов и производств, обеспечивающих оптимизацию их функционирования в непрерывно меняющихся условиях и снижающих уровень загрязнения окружающей среды. Опыт автоматизации обогатительных фабрик показал ее высокую эффективность, обусловленную специфическими особенностями горного производства, в частности:

- ростом эколого-экономического ущерба от неоптимального использования техники и технологии, простоев по организационным причинам и потерь полезных продуктов с отходами;
- невозможностью оперативной обработки информации о ходе производственных процессов при их ручном управлении, приводящей к потерям ее ценности, достоверности и полноты;
- значительными экономическими потерями из-за аварий оборудования, задействованного в производственном процессе взаимосвязанных машин;
- высокой стоимостью поступающего на обогащение угля; зависимостью эффективности работы фабрики от субъективных качеств управляющего и обслуживающего персонала.

В связи с этим, автоматизация технологических процессов и производства в целом приобретает все возрастающее значение, так как она призвана обеспечить повышение производительности, улучшить качество продукции, снизить потери угля с отходами, решить социальные проблемы повышения безопасности и загрязнения окружа-

ющей среды, снижения трудоемкости и улучшения условий труда, повышения его престижа и интеллектуального содержания.

В Украине внедрена АСУ лишь на одной фабрике (ЦПТК "Свердловская"), функционирующая в информационном режиме. Научный уровень технических решений в таких АСУ не соответствует современному уровню, так как не автоматизированы функции принятия управленческих решений при нечеткой информации и в условиях смешанной неопределенности, не используется опыт и знания специалистов, отсутствуют проблемы создания средств и методов эколого-экономического управления и мониторинга.

Важно также отметить, что реальным и возможно единственным путем преодоления кризиса в теории управления сложными системами является стимулирование интеграционных процессов и развитие современной прикладной теории управления, которая должна учитывать экономические, социальные, экологические требования, безопасность, энергосбережения и многое другое. Конечно, и в других областях науки и технологи обязаны учитываться эти требования, но потенциальные возможности автоматизации в сочетании с физической теорией управления, информационными технологиями, микроэлектроникой. Обострение опасности техногенных и природных катастроф предъявляет к современной прикладной теории управления весьма жесткие требования. При этом особо следует подчеркнуть, что учет процессов самоорганизации необходим для обеспечения безопасности [17].

Поэтому важное значение для решения проблемы снижения вредного воздействия производственной деятельности ПТК на ОПС в условиях учета современных рыночных процессов приобретает создание интегрированной интеллектуальной автоматизированной системы экологического мониторинга, управления технологическими процессами углеобогащения и принятия управленческих эколого-экономических решений на основе принципов системного и комплексного подхода и методов математического моделирования и идентификации, статистической обработки информации, систем управления базами данных и знаний, методов современной теории управления (в том числе с нечеткой логикой) и компьютерных технологий [1, 21-30]. Необходимо, чтобы разрабатываемая система удовлетворяла всем основным принципам и требованиям по международному эколого-экономическому мониторингу и была приемлема

для аналогичных предприятий при создании региональных систем эколого-экономического мониторинга (СЭЭМ).

### **1.1. Производственные системы в условиях трансформации экономики**

Трансформирование (реформирование) экономической системы (ЭС) с доминированием государственной собственности и плановых централизованных начал к конкурентной рыночной экономике (РЭ) с преобладающей частной собственностью (либо наоборот) сопровождается сложнейшими переходными процессами. Хотя оба типа этих систем не существуют в «чистом» виде, разница между ними носит фундаментальный характер: регулирование с помощью финансовых инструментов, реагирующих на изменение экономических показателей, или путем приказов, следующих из анализа возникающих дефицитов; стремление максимизировать прибыль предприятия или выполнить план; почти полное самообеспечение трудоспособных индивидуумов или гарантированный, по мере возможности, минимум государственного социального обеспечения всего населения и т.д.

Математические модели для РЭ давно разрабатываются и относительно хорошо изучены, чего нельзя сказать о моделях, плановой и, тем более, трансформационной экономики (ТЭ). Последние не могут быть сведены (даже в принципиальном плане) к моделям классического типа, поскольку они должны отражать в себе основные черты обеих ЭС.

Эффективный методологический подход к построению моделей, обладающих этими синтетическими свойствами, состоит в том, что сначала строятся модели балансов материальных и финансовых потоков, которые в определенном смысле универсальны, т. е. пригодны для описания экономики любого типа. Они «преднамеренно» незамкнуты, а способ их замыкания прямым образом зависит от поведения экономических агентов, политики государства и т. д. При задании разных видов производственных отношений и тем самым при задании разных способов замыкания получают модели для разных типов экономик.

Вариант одной из такого типа экономики представлен в [79, 80], откуда видно, что модель отвечает смешанной трансформационной экономике: помимо государства (основного агента плановой систе-

мы), в ней фигурируют, например, коммерческие банки, работающие в условиях конкуренции с целью извлечения прибыли.

ПТК является разновидностью производственно-экономической системы (ПЭС), т.к. любая экономическая система может быть представлена как совокупность ресурсов и процессов, т.е.  $ЭС = \langle r, p \rangle$ , где  $r \in R$  – совокупность ресурсов, а  $p \in P$  – совокупность процессов преобразований и обработки, причем в качестве  $p$  обычно выступает как производственно-информационные, так и транспортные процессы. В условиях трансформационной экономики как и множество  $R$ , так  $P$  функционирует в условиях нестабильной и трудноформализуемой информации, информационной неопределенности и рисков.

ПТК можно также представить как взаимосвязанная структура, состоящая из производства  $n$ -ой подсистемы (П), транспортной подсистемы (ТС) и системы управления (СУ):  $ПТК = \langle П, ТС, СУ \rangle$ . ПТК – динамичный микроэкономический объект, который функционирует во времени и пространстве макроэкономической среды. ПТК является одним из основных компонент логистических систем управления. Рассмотрение в работе ПТК как логистической системы оправдано тем, что по одному из определений [81]: “логистика – наука о планировании, контроле и управлении транспортированием, складированием и другими материальными и нематериальными операциями, совершаемыми в процессе доведения сырья и материалов до производственного предприятия, внутризаводской переработки сырья, материалов и полуфабрикатов, доведения готовой продукции до потребителя в соответствии с интересами и требованиями последнего, а также передачи, хранения и обработки соответствующей информации”. Принципиальное отличие логистического подхода к управлению материальными потоками от традиционного заключается в *интеграции* транспортного и производственного процесса в единую систему, способную адекватно реагировать на возмущения внешней среды, т.е. интеграция техники, технологии, экономики, методов планирования и управления потоками.

Процесс перехода к новым экономическим отношениям предусматривает новый этап разработки теоретических и методологических основ для систем управления и принятия экономических решений. Это требует широкого применения новейших методов принятия решений на уровне математического и программного обеспечения с учетом методов современных информационных технологий (ИТ).

## **1.2. Экономико-экологическое управление (ЭЭУ) предприятием и его интеллектуализация**

Состояние эволюционного процесса в системах управления характеризуется многими факторами и условиями и поэтому его можно описать как некоторый кортеж множеств эволюций (Э) систем автоматического и автоматизированного управления, компоненты которого определяют уровни развития теории, методов, моделей, технических средств реализации и т.п. [17,24, 25-28, 29, 37-39,63,92,93,99,101,110,113,116,117-148,150], т.е.  $\mathcal{E} = \{\mathcal{E}_1, \mathcal{E}_2, \dots, \mathcal{E}_K\}$ , где  $\mathcal{E}_1$  — теории (ТАР, ТАУ, Теория нечетких систем и инженерия знаний, Теория прикладных нейронных сетей, Теория когнитивных процессов и интеллектуальных процессов и др.),  $\mathcal{E}_2$  — методы (Методы обработки данных (временных рядов, процессов, полей), моделирования (идентификации), анализа, оптимизации, синтеза и др.),  $\mathcal{E}_3$  — модели (Модели описания процессов и полей, Модели представления данных и знаний, Модели критериальных отношений и др.),  $\mathcal{E}_4$  — техническая база (контроллеры и регуляторы, компьютерная и микропроцессорная техника, транспьютерная техника и т.д.). Основопологающим фактором при всем этом является проблема информационной неопределенности, т.е. информационное состояние процессов управления и принятия решений: детерминированность, стохастичность, расплывчатость и смешанная неопределенность, а также степень наличия и объем информации до и в процессе принятия решений. Этапы развития теории управления представлены на рис. 1.2 [17, 24, 25, 26, 28, 83,127].

В частности, АСУ ТП прошли следующие стадии [24,25,83]: АСУ ТП, функционирующие в режиме советчика ЛПР (оператору); АСУ ТП супервизорного типа с регулятором прямого действия; АСУ ТП, работающие в режиме непосредственного цифрового управления, т.е. без регулятора; АСУ ТП на основе теории инвариантных, адаптивных, обучающихся и самообучающихся, робастных и др. автоматических систем.



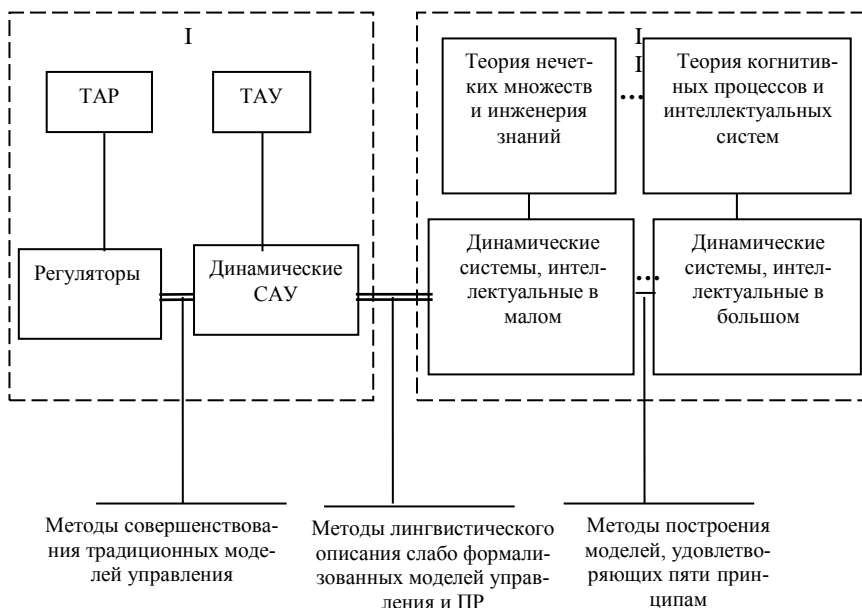


Рис. 1.2. Этапы развития САУ

Следует отметить, что процессы развития систем автоматизации производств стали основываться также на теории многоуровневых иерархических систем управления, теории сложных систем и системном анализе, на современных информационных технологиях и технике, учитывающих концепцию 4-х "И", и технике управления [1,3]. Это явилось объективной предпосылкой для создания качественно нового класса систем комплексной автоматизации — ИАСУ на базе единой информационной среды. Однако сложность, нелинейность, нестационарность, многокритериальность, слабая структурированность, неясность предпочтений, нечеткость исходной информации и др. "НЕ - и МНОГО - факторы" требуют создания нового поколения систем управления на основе методов и моделей теории искусственного интеллекта, т.е. систем, основанных на знаниях и нечеткой информации [1,3].

Эволюционный процесс автоматизации ПТК можно условно разделить на четыре этапа.

Первый, достаточно длительный во времени, этап характеризуется исследованиями основных технологических процессов обогаще-

ния как объектов автоматического регулирования и созданием регуляторов важнейших режимных параметров, существенно влияющих на конечные результаты. К ним относятся регулятор плотности магнетитовой суспензии (РПСМ), регуляторы разгрузки тяжелых фракций из отсадочных машин РСБ, автодозаторы флотореагентов, регуляторы уровней в технологических емкостях и др.

Второй этап автоматизации характеризуется разработкой систем комплексной автоматизации технологических процессов по конечным показателям качества (зольность концентрата, влажность высушенного угля и т.п.). Системы комплексной автоматизации, как правило, имели двухуровневую иерархическую структуру управления, нижний уровень которых образуют регуляторы режимных параметров. Кроме этого, аппаратура позволяет централизованно управлять с пульта оператора всеми операциями предпускового и пускового периодов, контроль, сигнализацию, блокировки и частично диагностику состояния оборудования и технических средств автоматизации. В частности, была создана аппаратура комплексной автоматизации всех основных процессов: обогащения в отсадочных машинах, тяжелосредних установках, флотационных машинах, обезвоживания, сгущения и сушки [42], а также необходимые средства отбора информации (золомеры, влагомеры, расходомеры и др.) [1,3, 43-47]. В этот период осуществлены некоторые идеи автоматической оптимизации технологических процессов.

На третьем этапе осуществлена качественно новая системная автоматизация, которая предусматривает создание трехуровневой ИАСУ фабрики на базе управляющей ЭВМ. ИАСУ информационно-советующего класса были внедрены на нескольких ПТК [42-47, 82]. В указанных ИАСУ были использованы фрагменты оптимизации комплекса процессов обогащения по технологическо-экономическому критерию [1,3].

Настоящий четвертый этап можно охарактеризовать следующими свойствами [1]:

- 1) интеллектуализация систем управления на основе использования экспертных систем управления в условиях неопределенности;
- 2) использование эколого-экономических критериев управления и, соответственно, создание в составе ИАСУ подсистемы экологического мониторинга, управления и критерия решений;
- 3) оптимизация технологического комплекса обогащения;

4) использование адаптивных и оптимальных САУ на нижних уровнях иерархии;

5) индивидуализация и создание АРМов различного функционального назначения;

6) создание локальных вычислительных сетей и общей вычислительной сети фабрики.

Этими и другими свойствами должна обладать рассматриваемая в данной работе система.

### **1.3. Типовые проблемы автоматизации ЭЭУ предприятием (на примере ОФ)**

Общая концепция автоматизации углеобогажительных фабрик предусматривает создание трехуровневой интегрированной автоматизированной системы управления (ИАСУ), включающей автоматизацию отдельных технологических процессов (АСУТП), автоматизированную систему оперативно-диспетчерского управления производством ОФ (АСОДУ) и автоматизированную систему организационно-экономического управления (АСОЭУ) [1,3,42,82]. При создании ИАСУ руководствуются следующими принципами:

1) использование средств компьютерной и микропроцессорной техники на всех уровнях управления;

2) формирование единой вычислительной сети с интегрированной базой данных;

3) модульный принцип построения технических средств, математического и программного обеспечения;

4) унификация алгоритмов, средств вычислительной и микропроцессорной техники, а также конструкции технических средств различного функционального назначения;

5) автоматическая оптимизация режимов работы технологических процессов и ОФ в целом и поддержания заданных значений качества конечных продуктов;

6) создание унифицированных многопараметрических средств автоматического контроля качества продуктов, режимных, экологических и других параметров;

7) автоматический контроль и управление экологической ситуацией ОФ.

В качестве критериев управления предусмотрено использовать чисто экономический показатель — прибыль предприятия, а целью

управления является максимизация прибыли. Для оперативного управления принят технологическо-экономический критерий следующего вида:

$$\Phi = \sum_{i=1}^n G_{ki} \dots_{ki} [1 - \alpha (A_{ki}^d - A_{ki}^{d*})] \rightarrow \max, \\ A_{k\Sigma}^d = \sum_{i=1}^n \partial_{ki} A_{ki}^d / \sum_{i=1}^n \partial_{ki} \leq A_{k\Sigma}^{d*}, \gamma_{\Sigma} \leq \gamma_{\Sigma}^*, \quad (1.1)$$

где  $G_{ki}, C_{ki}$  - соответственно производительность и цена единицы массы концентрата  $i$ -го класса;  $A_{ki}^d, A_{ki}^{d*}$  - соответственно текущая и заданная зольность концентрата  $i$ -го класса;  $\alpha = 0,025$  - коэффициент скидок и надбавок к ценам;  $\partial_{ki}$  - выход концентрата  $i$ -го класса;  $A_{k\Sigma}^d, A_{k\Sigma}^{d*}$  - соответственно текущая и заданная зольность суммарного концентрата;  $\gamma_{\Sigma}, \gamma_{\Sigma}^*$  - соответственно фактические и допустимые потери легких фракций с отходами обогащения.

Этот критерий имеет следующие недостатки:

- 1) не учитываются изменения в экономике, связанные с переходом к рыночным отношениям, и их переходные формы;
- 2) не учитываются требования снижения уровня загрязнения окружающей среды.

Приведенная выше концепция в целом правильно отражает современные тенденции системной автоматизации промышленных предприятий, однако в ней не учитываются следующие факторы:

- 1) отсутствие технических средств контроля важнейших технологических и экономических параметров в технологических потоках (зольность крупных классов угля, потери легких фракций с отходами обогащения, зольность отходов обогащения, запыленность выбрасываемых в атмосферу газов, влажность крупных классов угля и др.);
- 2) недостаточная надежность существующих средств и методов контроля качества продуктов обогащения (зольность мелких классов угля и его влажность), а также аппаратуры автоматизации технологических процессов;
- 3) отсутствие экономических и организационных возможностей оснащения всех фабрик современными средствами;

4) непригодность используемых критериев управления ОФ, не учитывающих необходимость повышения экологической безопасности.

**Автоматизация технологических процессов ОФ.** Технологические процессы (ТП) ОФ трудно поддаются автоматическому управлению в связи с большим количеством влияющих на конечный результат параметров, их нестационарности и значительному запаздыванию информации о качестве конечных продуктов. Поэтому на ОФ используются преимущественно системы автоматического управления (САУ) отдельными режимными параметрами, в наибольшей мере коррелированными с показателями качества конечных продуктов. Это системы автоматической стабилизации высоты постели отсадочных машин, плотности минеральной суспензии тяжелосредних сепараторов и гидроциклонов, удельного расхода реагентов флотомашин, расхода флокулянтов процессов фильтрации флотоконцентрата и осветления отходов флотации и сгущения шламовых вод, уровней в технологических емкостях и др. С указанных позиций соответствующие процессы, как объекты управления, достаточно хорошо исследованы, результаты обобщены в монографии [85]. Здесь же приведены результаты исследований по оптимизации процессов обогащения по критерию, предложенному в работе [82]:

$$\Phi = \Phi_0 + \epsilon G_k - b \left| A_k^d - A_k^{d*} \right|^p \rightarrow \max, \quad (1.2)$$

где  $\Phi_0, a, b$  — константы,  $G_k$  — производительность обогательного аппарата по концентрату;  $p = 2$  — показатель степени.

Попытка реализовать этот критерий при автоматизации отсадочной машины окончилась неудачей по следующим причинам:

1) при постоянных значениях коэффициентов " $a$ " и " $b$ " экстремум становится стационарным и его можно поддерживать обычной системой стабилизации зольности концентрата;

2) использование поисковой системы для поиска экстремума применительно к процессам обогащения неэффективно вследствие большого шага рыскания и значительного времени между поисковыми движениями, обусловленных высокой инерционностью процессов обогащения и большой величиной запаздывания информации о результатах пробных воздействий.

Такую САУ можно реализовать в классе адаптивных и беспоисковых алгоритмов. Эта задача была решена институтом "НИПИ Уг-

леавтоматизация”, в результате чего создана и серийно выпускалась аппаратура автоматизации типа ОКА.1 [42] при упрощенном критерии вида

$$\Phi = G_k - a(A_k^d - A_k^{d*})^2 \rightarrow \max, \quad (1.3)$$

где  $a$  — переменная величина, идентифицируемая по наблюдению с помощью вычислительного устройства.

Однако критерии (1.2) и (1.3) носят искусственный характер и не отражают сути и цели управления, поэтому в дальнейших модификациях аппаратуры был использован экономический критерий, близкий к (1.1). В целом недостатком такого подхода является игнорирование системных требований общезаводного критерия, в связи с чем, он имеет ограниченную область применения, например, при обогащении антрацитов, когда концентраты различных классов крупности реализуются отдельно как товарные продукты. Таким образом, направление оптимизации отдельных процессов обогащения по критерию максимума стоимости товарных продуктов является ошибочным.

Поэтому при автоматизации комплекса процессов обогащения такой критерий вполне приемлем, тогда, как каждый из участвующих в обогащении отдельных процессов должен управляться по другому критерию, подчиняясь общесистемному. Для отдельных процессов окончательно принят критерий максимального концентрата при экономически целесообразной его зольности. В соответствии с такими критериями была создана аппаратура автоматизации всех основных процессов обогащения, сгущения шламовых вод, осветления отходов флотации, сушки угольного концентрата и др.[124-126].

Отличительной особенностью приведенных в [124-126] систем и средств автоматизации является управление по конечным показателям качества (зольность, влажность, содержание твердой фазы и др.), в связи с чем, указанные системы управления имеют двухуровневую иерархическую структуру. Нижний уровень образуют САУ режимными параметрами, а верхний — системы управления качеством конечного продукта. Помимо функций автоматического управления параметрами процессов в системах автоматизации решены многие вопросы комплексной автоматизации, контроля и сигнализации (пуск и останов всех машин и механизмов комплекса, предупредительная сигнализация, измерение основных параметров, контроль состояния и др.).

Для контроля технологических параметров созданы соответствующие датчики, входящие в состав аппаратуры, а также датчики контроля зольности, пригодные для автономного использования [82,84].

АСУТП построены на базе микроконтроллеров Ремиконт, Ломи-конт, Микродат.

Недостатками созданной аппаратуры являются:

1) отсутствие унификации микропроцессорной техники, что не позволяет объединять АСУТП в локальную вычислительную сеть, т.е. низкий уровень интеграции с системами высших уровней иерархий;

2) в критериях управления не учитываются экологические показатели работы комплексов;

3) низкий уровень надежности средств отбора информации о качестве конечных продуктов и несовершенный метод их измерения в технологических потоках.

Последний недостаток приводит к тому, что верхний уровень управления качеством продуктов зачастую не работает, поэтому операторы процессов вынуждены управлять ими лишь системами нижнего уровня. Это приводит к сильной зависимости качества управления от квалификации операторов и соответствующему снижению эффективности функционирования комплекса и фабрики в целом.

Одним из направлений автоматизации таких объектов является интеллектуализация алгоритмов управления и использования гибридных систем управления.

***Оперативно-диспетчерское управление.*** В настоящее время практически на всех ОФ используются морально устаревшие методы и средства диспетчерского управления производством. Только на ЦПТК "Свердловская" в 1983 г. была внедрена подсистема оперативно-диспетчерского управления на базе управляющей вычислительной машины типа М-6000. По терминологии времени создания этой системы она именовалась АСУТП. Однако указанная система имела только отдельные признаки АСУТП, АСОДУ и АСОУ.

Критерий управления производством ОФ совпадает с (1.1), поэтому требует уточнения с учетом необходимости повышения экологической безопасности.

В концепции оперативно-диспетчерского управления производством ОФ поставлена задача объединения всех подсистем в локаль-

ную вычислительную сеть, однако такое техническое решение до настоящего времени не разработано.

Основными недостатками существующих АСОДУ являются:

- 1) функционирование в информационном режиме с фрагментами информационно-советующего класса;
- 2) отсутствие интеграции с АСУТП;
- 3) не решение задач диагностики состояния и прогнозирования развития ситуации;
- 4) значительная зависимость эффективности управления от субъективных качеств диспетчера;
- 5) не контролируется экологическая ситуация;
- 6) критерий управления не содержит ограничений по экологическим параметрам и не учитывает интенсивность загрязнения окружающей среды.

Таким образом, имеется необходимость разработки более совершенных АСОДУ, соответствующих современным требованиям. Одной из главных функций таких систем должна быть система экологического мониторинга, управления и принятия решений. Интеллектуализация процесса принятия решений повысит эффективность управления фабрикой и в значительной мере устранил субъективный фактор. Это особенно актуально в связи с отсутствием ряда важнейших средств автоматического контроля режимных и экологических параметров, обуславливающих принятие решений в условиях неопределенности.

***Модели управления организационно — экономической деятельностью ОФ.*** АСОУ ПТК обычно представляют в виде относительно автономных подсистем, выделяемых по ресурсному принципу, что дает возможность совместить структуру системы управления организационной структурой фабрики. Причем подсистемы АСОУ не адекватны службам, поскольку обеспечивают горизонтальные связи через общую информационную базу.

На ОФ реализовано ограниченное количество таких подсистем: "Основные фонды", "Материалы", "Труд и зарплата", "Оборудование". Концепцией автоматизации организационно-экономической деятельностью предусматривает разработку шести подсистем: кроме указанных выше, предлагаются также: "Оперативное планирование и управление производством", "Контроль и анализ производства и реализации продукции", "Контроль и управление энергоресурсами" [1,3, 82].



Каждая из реализованных подсистем управления представляет собой, по существу, автоматизированное рабочее место специалиста (АРМ), оснащенное персональной ЭВМ. Ввод информации вручную, а АРМы не объединены в общую структуру при помощи локальной компьютерной сети, хотя концепцией это и предусмотрено [82]. В качестве критерия управления ОФ принята прибыль, а целью управления — ее максимизация.

Такое направление автоматизации организационно-экономической деятельности в принципе следует признать верным, однако оно не полностью соответствует современным условиям производства. К недостаткам существующей концепции можно отнести следующее:

- 1) не учтены все функции ОФ в части организационно-экономической деятельности, например, вопросы управления кадрами, службы АСУ, экологией, маркетинга и др.;
- 2) более целесообразным представляется создание АРМов, в которых могут быть более широко представлены сервисные функции;
- 3) рассмотренные выше подсистемы реализуют информационные функции, тогда как необходимы анализ, прогнозирование и формирование советов по управлению;
- 4) не рассмотрены конкретные методы и аппаратное обеспечение интеграции АСОУ с другими подсистемами фабрики;
- 5) критерий управления не учитывает ограничения по загрязнению окружающей среды вредными отходами производства и выбросами, а также изменения экономической ситуации в стране. Следовательно, существующая концепция создания ИАСУ ОФ не соответствует современным требованиям и требует уточнения и доработки с учетом требований экологической безопасности и необходимости перехода к рыночным отношениям. В функциональном плане необходимо реализовать информационно-управляющий режим управления с использованием адаптивных и оптимальных систем управления, их интеллектуализации на всех уровнях иерархии.

#### **1.4. Проблема нелинейного анализа процессов в производственно-экономических системах с хаотической динамикой (краткий обзор)**

Хаотическими назовем нелинейные системы уравнений, имеющие нерегулярные аттракторы. Рассмотрим примеры как классических, так и менее известных хаотических систем.[9-13]. Присутствие хаоса является неотъемлемой частью большинства нелинейных динамических систем (НДС), описывающих достаточно сложные процессы и явления. Хаотические системы (ХС) характеризуются повышенной чувствительностью к малым возмущениям системных параметров и начальных условий, вследствие чего в течение многих лет поведение таких систем считалось непредсказуемым и неуправляемым. Существовало мнение, что достигнуть желаемое поведение системы можно только подавив в ней хаос пусть даже большими и дорогостоящими изменениями в самой системе, ведущими к изменению ее динамики в целом. Поставленная задача сводилась к выбору управляющих воздействий либо в разомкнутой форме (программное управление), либо в виде обратной связи по состоянию или выходу с целью приведения решения системы к заданному периодическому виду или с целью синхронизации решения системы с решением некоторой другой системы, обладающей нужными регулярными свойствами. Другими словами, решалась задача стабилизации заданной или желаемой траектории в системе с хаотическим поведением. Однако в последние годы пришло понимание особой роли хаоса в самоорганизации различных процессов и явлений. Было осознано, что хаос не только не мешает, а скорее является необходимым условием работоспособности сложных систем, таких, например, как человеческий мозг. Только благодаря наличию хаотического аттрактора, содержащего, как правило, бесконечное число неустойчивых периодических траекторий (циклов), можно добиться качественного изменения динамики системы (перехода из окрестности одного цикла в окрестность другого) малыми возмущениями системных параметров. В связи с этим в проблеме управления хаосом естественным образом появилась задача стабилизации не априори заданных или желаемых траекторий НДС, а именно тех неустойчивых периодических траекторий, бесконечное число которых вплетено в паутину хаотического (нерегулярного) аттрактора. Причем, ка-

Динамическая модель развития сложной системы  $S$ , состоящей из  $n$  подсистем  $S_1, \dots, S_n$ , с некоторой точностью можно представить в виде следующей системы дифференциальных уравнений:

[illegible]

Очевидно, что при длительном наблюдении системы модами  $i = 1, 2, \dots, m$  можно пренебречь и сохранить лишь  $i = m+1, m+2, \dots, n$ . Тогда можно говорить о подчинении мод с индексами  $i = 1, 2, \dots, m$  модам с индексами  $i = m+1, m+2, \dots, n$ . Таким образом, переменные  $X_1, \dots, X_m$  – «быстрые» переменные, а  $X_{m+1}, \dots, X_n$  – «медленные» переменные. В этом случае параметры  $\alpha_{m+1}, \alpha_{m+2}, \dots, \alpha_n$  можно считать управляющими параметрами — параметрами порядка [10, 11]. Самоорганизация в системе будет происходить именно при изменении этих параметров порядка. Структуры самоорганизации будут возникать за счет взаимодействия мод  $X_{m+1}, \dots, X_n$  (сильных мод). Наиболее сильные моды при взаимодействии могут подавлять слабые моды; создается своеобразная конкуренция мод в развивающейся системе, в синергетической модели развивающейся системы процесс самоорганизации рассматривается как конкуренция мод. Для исследования процессов самоорганизации, возникающих в системе (1.4), применяют принципы подчинения.

Итак, для исследования социальных, экономических и экологических процессов и систем и для управления ими важно уметь выделять небольшое число параметров, определяющих их ход, и выявлять взаимосвязи между ними, т.е. нужен системный синтез [12].

*Обзор некоторых нелинейных моделей сложных процессов:*

1. Уравнение Ферхюльста:  $\dot{X} = \alpha X \frac{(X_0 - X)}{X_0}, \quad X_0, X -$

максимально (предельно) возможное и текущее значение исследуемой величины, причем  $X_0$  не зависит от времени, т.е.  $X_0$  - максимальный ресурс.

2. Уравнения (модель) Лотки-Вольтерры:

$$\begin{cases} \dot{X}_1 = X_1(\alpha_1 - \gamma_1 X_2); \\ \dot{X}_2 = -X_2(\alpha_2 - \gamma_2 X_1). \end{cases}$$

3. Уравнение с запаздыванием (модель Хатчинсона):

$$\dot{x} = x(t)(1 - x(t - \tau)).$$

4. Дискретный аналог уравнения Ферхюльста:

$$x_{n+1} = \lambda x_n (1 - x_n).$$

5. Некоторые модификации модели Ферхюльста:

$$x_{n+1} = \alpha x_n \cdot \exp(-x_n) - \text{модель Риккера};$$

$$x_{n+1} = \alpha x_n \cdot (1 + \gamma x_n)^{-\beta} - \text{модель Хассела}.$$

6. Пространственная модель:

$$\frac{\partial x_i}{\partial t} = d_i x_i \left( 1 - \frac{x_i}{x_i^*} \right) + D_i \nabla_r^2 x_i(t/r); \quad r = (r_1, r_2, r_3).$$

7. Мультилогистическое уравнение (учет условий конкуренций):

$$\dot{x}_{ii} = x_{ii} \left[ d_i - \beta_i x_{ii} - \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \gamma_{ij} x_{ij} \right] + D_i \nabla_r^2 x_{ii},$$

где  $x_{ii} = x_i(r, t)$ ,  $r$  - вектор:  $r = (r_1, r_2, r_3)$ ;  $i = \overline{1, n}$ .

8. Мультипликативно-аддитивная стохастическая модель (МАСМ) нелинейной динамики - обобщенное логистическое уравнение (ОЛУ):

$$\dot{x}_{ii} = \xi_{ii} x_{ii} \left[ d_i - \beta_i x_{ii} - \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \gamma_{ij} x_{ij} \right] + D_i \nabla_r^2 x_{ii} + \eta_{ii}, i = \overline{1, n}.$$

9. МАСМ с управлением:

$$\dot{x}_{ii} = \xi_{ii} x_{ii} \left[ v_t' - v_i'' x_{ii} - \sum_j v_{ij} x_{ij} \right] + D_i \nabla_r^2 x_{ii} + \eta_{ii} + U_{ii},$$

где  $\{v\}$  – множество контролируемых параметров;  $U_{ii}$ ,  $\xi$  – управляющие переменные;  $v \in V$ ,  $u \in U$ .

10. Еще одно обобщение логистическое отображение (Сергеева Л.Н.[11]):

$$x_{t+1} = \lambda \cdot x_t^\alpha (1 - x_t^\beta)^\gamma, \quad x_t \in [0,1]$$

Для нестационарной нелинейной модели на основе МАС нужно учесть зависимости:  $v_{ij} = v_{ij}(t)$ ,  $v' v'' = v''(t)$ .

11. Модель конкуренции двух фирм.

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_1(\alpha_1 - \beta_1 x_1 - \gamma_1 x_2) \\ \dot{x}_2 = x_2(\alpha_2 - \beta_2 x_2 - \gamma_2 x_1) \end{cases}.$$

В данной модели 6 параметров  $(\alpha_1, \alpha_2, \beta_1, \beta_2, \gamma_1, \gamma_2)$ , некоторые из которых являются управляющими и в зависимости от значений этих управляющих параметров поведение системы в динамике может быть различным. Заметим, что для анализа модели важно сократить число параметров, т.е. найти её некую каноническую форму описания.

12. Модель Холлинга – Тэннера.

Предположим в модели «хищник – жертва», что для поддержания жизни одного хищника требуется  $J$  жертв. Это предположение очень резонно.

Наличие хищников приводит к появлению в уравнении слагаемого вида  $\omega x_1 x_2 / (CD + x_1)$ . Это слагаемое учитывает убыль жертв в связи с охотой хищников:

$$\dot{x}_1 = rx_1(1 - \frac{x_1}{K}) - \frac{\omega x_1 x_2}{D + x_1}, \quad \dot{x}_2 = sx_2(1 - Jx_2 / x_1)$$

13. Система уравнений Лоренца. Система трех нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений названная системой уравнений Лоренца[2-4],

$$\dot{x} = \sigma(y - x), \quad \dot{y} = x(r - z) - y, \quad \dot{z} = xy - bz,$$

является исторически первой динамической системой, в которой было показано существование нерегулярного аттрактора (аттрактора Лоренца при  $\sigma = 10$ ,  $b = 8/3$ ,  $24.06 < r < 28$ ).

14. Системы уравнений Рёсслера. Рёсслером[9] предложен ряд нелинейных систем обыкновенных дифференциальных уравнений для моделирования некоторых гипотетических химических реакций, обладающих хаотическим поведением, наиболее известная из которых имеет вид:

$$\dot{x} = -y - x, \quad \dot{y} = x + ay, \quad \dot{z} = b + z(x - \mu).$$

15. Система Чуа. Система Чуа моделирует некоторую электрическую цепь, предложенную Л. Чуа для генерации хаотических колебаний[9,10]. Поведение этой электрической цепи и одноименной системы обыкновенных дифференциальных уравнений широко изучалось как в многочисленных физических опытах, так и математическими методами, включая численные эксперименты и аналитические расчеты [9-13].

*Одно обобщение.* Модели социального и эколого-экономического управления, учитывающие влияние стохастических воздействий, должна отражать степень, с которой эти экзогенные силы могут повлиять на конечные результаты моделирования. Функционирование и развитие сложной системы в условиях нестабильной внешней среды и конкуренции зависит от причин, прогнозировать которые с абсолютной точностью не представляется возможным. Такие причины обычно описываются как флуктуирующие (стохастические) воздействия (шумы). Таким образом, обобщенную динамическую нелинейную модель можно представить в виде мультипликативно-аддитивной стохастической модели с распределенными переменными и с хаотическим поведением, т.е.[3]:

$$\dot{x}_i = \left[ \xi_i(t) x_i \left( 1 - \sum_{j=1}^n a_{ij}(t) x_j \right) + \sum_{l=1}^3 d_{il} \frac{\partial^2 x_i}{\partial r_l^2} + w_i \right] + u_i, \quad i = 1, \dots, n, \quad (1.5)$$

где  $x_i = x_i(r, t)$  – координаты вектора состояния,  $i=1, 2, \dots, n$ ;  
 $r = (r_1, r_2, r_3)$  – вектор пространственного распределения;  
 $\xi_i(t)$  и  $w_i(t)$  – стохастическое возмущающее воздействие с заданными вероятностными характеристиками, причем  $\xi_i(t)$  может играть роль "малого" мультипликативного управляющего воздействия для контроля хаотического поведения системы;  $a_{ij}(t)$  – экзогенные переменные (параметры), определяющие нестационарное воздействие внешней среды на данную систему;  $d_{il}$  – коэффициенты диффузии;  $u_i$  – внешние управляющие воздействия, причем  $u_i \in U_i$  – область допустимых управлений.

Дискретную модель эволюции системы, состоящей из многих взаимодействующих подсистем (например, фирм, предприятий), соответствующую (1.5), можно представить как следующий итерационный процесс:

$$x_i(k+1) = \left[ \xi_i(k)x_i(k) \left( 1 - \sum_{j=1}^n a_{ij}(k)x_j(k) \right) + \sum_{l=1}^3 d_{il} \frac{\partial^2 x_i(k)}{\partial r_l^2} + w_i(k) \right] + u_i(k),$$

$$k = 0, 1, 2, \dots, \quad i = 1, \dots, n.$$

**Итак,** предложены различные нелинейные модели анализа динамики сложных процессов, а также нелинейная стохастическая мультипликативно-аддитивная модель системы с хаотическим поведением, которые могут быть использованы для анализа процессов в социально-экономических системах.

## ГЛАВА 2. ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЕМ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ И РИСКОВ

### 2.1. Динамическая модель управления предприятием в условиях рисков и неопределенностей

**Общая форма задачи.** Проблема управления трансформационной экономикой (ТЭ) как суперсложной системой с целью перевода ее в состояние социально и экологически ориентированной рыночной экономики (СЭОРЭ). Данную задачу математически можно сформулировать следующим образом.

Пусть  $x(t) = (x_1(t), \dots, x_n(t))$  – фазовый вектор макроэкономических (или социально-экономических) переменных (параметров), который описывает состояние экономической системы в момент времени  $t$ .

Изменение во времени вектора  $x(t)$  удовлетворяет нелинейному дифференциальному уравнению (синергетическое уравнение) [48, 96, 139]:

$$\dot{x}(t) = f(x(t), u(t), v(t), t), \quad t \geq t_0, \quad x(t_0) = x_0 \in X_0 \quad (2.1)$$

Здесь  $u(t) = (u_1(t), \dots, u_p(t))$  – вектор управления (элементы принятия решений), элементы которого характеризуют режим экономической деятельности в момент времени  $t$ ;  $v(t) = (v_1(t), \dots, v_p(t))$  – вектор внешних возмущающих факторов, элементы которого характеризуют различные неопределенные воздействия (или воздействия противной стороны), т.е. это может быть, в частности, и вектор помех;  $t_0$  – настоящий (начальный) момент времени;  $X_0 \subset R^n$ . Решение  $x(\cdot) = (x(t), t \geq t_0)$  уравнения (2.1) является траекторией движения от ТЭ к СЭОРЭ.

Предполагается, что векторы управления  $u(t)$  и помех  $v(t)$  удовлетворяют заданным ограничениям:

$$u(t) \in U, \quad v(t) \in V, \quad t \geq t_0 \quad (2.2)$$

где  $U \subset R^p$  и  $V \subset R^q$ .



Отображение (функция):  $f : R^n \times U \times V \times R \rightarrow R^n$  определено экономическими законами и/или балансовыми соотношениями и соответствует реальному состоянию экономики.

Теперь задачу можно поставить в следующей форме: требуется определить (оценить) вектор управления  $u(t)$  (вектор компонент принимаемых экономических решений), который обеспечивает «оптимальное» в некотором заданном смысле движение от ТЭ к СЭОРЭ и удовлетворяет заданным требованиям, которые можно формализовать в виде условий:

$$x(T) \in X_T, \quad x(t) \in X_B \text{ при } 0 \leq t \leq T, \quad (2.3)$$

где  $X_T$  – фазовое пространство допустимых (желаемых) состояний СЭОРЭ;  $X_B$  – множество (область) безопасного (безрискового) перехода;  $T = \varphi(x(\cdot))$  – момент попадания в желаемое состояние (т.е. момент первых попаданий  $x(t)$  во множество  $X_T$ ).

Заметим, что здесь задача решается в условиях неопределенности по вектору  $v(t)$  и, причем, либо программным путем (что не совсем приемлемо для современных экономических систем) в виде определения управления  $u(\cdot) = (u(t), t \geq t_0)$  в начальный момент  $t_0$  как фиксированной функции времени, определенной на всем последующем промежутке времени, либо по принципу обратной связи (и адаптивно по информации), когда управление формируется в процессе перехода в зависимости от поступающей информации и новых знаний, например, в виде  $u(x(t))$ .

Положим, что в процессе перехода от ТЭ к СЭОРЭ можно измерить (получить) наблюдения только какой-либо части компонент вектора  $x(t)$ , например, первые  $(m < n)$  компонент  $(X_m(t) = (x_1(t), \dots, x_m(t)))$ . Тогда управление  $u(t)$  определяется как функция от  $X_m(t)$ , т.е. от поступающей информации, т.е.  $u(t) = F(x_m(t))$  при  $t \geq t_0$ , причем  $u(t) \in U$ , где формирование  $F$  является стратегией управления и  $F \in \mathfrak{F}$  – множество допустимых стратегий.

Итак, задача управления переходом (трансформированием) системы состоит в построении стратегии  $F^0$ , которая гарантирует выполнение следующих условий: для любой помехи  $v(t) \in V$  и

начального (настоящего) состояния  $x_0 \in X_0$  для траектории перехода  $x(\cdot) = (x(t), t \geq t_0)$  управляемой ЭС:

$$\dot{x}(t) = f(x(t), F^0(x_m(t)), v(t), t) \quad (2.4)$$

должны быть соблюдены условия (2.3).

Пусть  $\aleph[X_0, F]$  – множество траекторий перехода  $x(\cdot)$  системы:

$$\dot{x}(t) = f(x(t), F(x_m(t)), v(t), t), x(t_0) = x_0 \in X_0, t \geq t_0, \quad (2.5)$$

которое получается при переборе всех начальных точек  $x_0 \in X_0$  и всех допустимых помех  $v(\cdot) = (v(t) \in V, t \geq t_0)$ . Обозначим через  $\overline{\aleph}$  совокупность всех непрерывных функций  $x(\cdot)$ , для каждой из которых выполнены условия:

- существует момент времени  $T = \varphi(x(\cdot))$ , когда впервые  $x(t) \in X_T$ ;
- выполняется условие безрискового перехода, т.е.  $x(t) \in X_B$  при  $t_0 \leq t \leq T(x(\cdot))$ .

Таким образом, рассматриваемую задачу управления переходом теперь можно переформулировать следующим образом: в классе допустимых стратегий требуется определить стратегию  $F^0 \in \mathfrak{F}$ , для которой справедливо выполнение  $\aleph[X_0, F^0] \subset \overline{\aleph}$ .

Для формулировки одного из частных вариантов данной задачи введем некоторый функционал эффективности управления (т.е. показателя качества)  $J[x(\cdot)]$ , заданного на траекториях ЭС, т.е. качество стратегии  $F^0$  оценивается значением функционала  $J$ , которое он принимает на самой неблагоприятной траектории из пучка  $\aleph[\Omega_0, F]$ , где  $\Omega_0 = t_0 \times X_0$  и стратегию  $F^0 \in \mathfrak{F}$  требуется выбрать так, чтобы такая оценка была наименьшей.

Таким образом, теперь можно сформулировать следующую задачу: требуется определить стратегию  $F^0 \in F$ , удовлетворяющую условию:

$$T^*[\Omega_0, F^0] = \min_{F \in \mathfrak{F}} \sup_{x(\cdot) \in \aleph[\Omega_0, F^0]} J[x(\cdot)];$$

если минимум  $b(G)$  не достигается, то для произвольно малого  $\varepsilon > 0$  требуется определить стратегию  $F_\varepsilon$  такую, что:

$$T^*[\Omega_0, F^0] \leq \inf_{F \in \mathfrak{Z}} \left\{ \sup_{x(\cdot) \in \mathfrak{N}[\Omega_0, F^0]} J[x(\cdot)] \right\} + \varepsilon.$$

Такую постановку можно назвать игровой, в которой выбор  $F$  является стратегией 1-го игрока, а выбор  $X(\cdot) \in \mathfrak{N}[\Omega_0, F]$  – стратегия 2-го игрока. Игровые и оптимальные методы решения данной задачи разработаны многими отечественными и зарубежными учеными [15, 139, 141].

*Частная форма задачи* – модель управления дебиторской и кредиторской задолженностью предприятия. Для описания финансового состояния предприятия в качестве некоторых компонент вектора  $x(t)$  при группировании статей баланса для активов (по признаку ликвидности) и пассивов (по срочности обязательств) можно брать следующие:  $x_1(t)$  – общая стоимость имущества предприятия;  $x_2(t)$  – стоимость основных и внеоборотных средств;  $x_3(t)$  – стоимость оборотных (мобильных) средств;  $x_4(t)$  – стоимость материальных оборотных средств;  $x_5(t)$  – величина дебиторской задолженности в широком смысле слова (включая авансы, выданные поставщикам и подрядчикам);  $x_6(t)$  – сумма свободных денежных средств в широком смысле слова (включая ценные бумаги и краткосрочные финансовые вложения);  $x_7(t)$  – стоимость собственного капитала;  $x_8(t)$  – величина заемного капитала;  $x_9(t)$  – величина долгосрочных кредитов и займов, предназначенных, как правило, для формирования основных средств и других внеоборотных активов;  $x_{10}(t)$  – величина краткосрочных кредитов и займов, предназначенных, как правило, для формирования оборотных активов;  $x_{11}(t)$  – величина кредитной задолженности в широком смысле слова. При наблюдении только за  $x_5(t)$ , т.е. величиной дебиторской задолженности и  $x_{11}(t)$ , т.е. величиной кредитной задолженности управление ими можно осуществлять по конкретному критерию  $J[x(\cdot)]$ , например, квадратичного типа.

Итак, предложен подход экономико-математического моделирования динамики управления предприятием и, в частности, такими параметрами как дебиторская и кредиторская задолженности предпри-

ятия в условиях переходной экономики, т.е. в условиях риска и неопределенности.

## 2.2. Интегральная нелинейная модель управления предприятием

Рассмотрим обобщенную динамическую эколого-экономическую модель (ОЭЭМ) в целом без учета случайных воздействий на систему, т.е. предположим, что система  $S$  состоит из  $n$  предпринимателей, включая и производителей, и потребителей. Поведение каждого предпринимателя характеризуется некоторым  $m$ -мерным вектором:  $x_i = (x_{i1}, \dots, x_{mi})$  ( $i = \overline{1, n}$ ). Переменные  $x_{ij}$  могут представлять, например, реальные потребления или производство  $i$ -го предпринимателя.

Пусть имеется  $r$  переменных влияния внешней нестабильной эколого-экономической среды (ВЭЭС) на предпринимателя, т.е.  $y_k$ ,  $k = \overline{1, r}$ , которые представляют цены, зарплату, ставку процента и т.п., а также параметры состояния окружающих природных экосред и т. д. Переменные  $y_k$  и  $x_{ij}$  зависят от времени. Заметим, что в общем случае они являются случайными процессами (или полями). Положим, что в каждый момент времени все предприниматели обладают идеально полной информацией о параметрах ВЭЭС. Предполагается также, что каждый предприниматель принимает решение о потреблении (производстве) на базе текущего потребления (производства) и значений переменных ВЭЭС.

Опуская «прямые взаимодействия» между предпринимателями, которые отражают конкуренцию или партнерство между ними, динамическое поведение  $i$ -го предпринимателя можно описать в виде [13,14,19]:

$$\dot{x}_{ij} = \lambda f_{ij}(x, y), \quad (2.6)$$

где  $\lambda$  — параметр, определяющий величину скорости установления микроэкономических переменных  $x_{ij}$ . Заметим, что конкретные виды функций  $f_{ij}$  определяются по-разному.

Динамику ВЭЭС можно представить в виде следующих дифференциальных уравнений:

$$\dot{y}_k = g_k(x, y), \quad (2.7)$$

где  $g_k$  — некоторые непрерывно-дифференцируемые функции.

Таким образом, ОЭЭМ есть объединение уравнений (2.6) и (2.7).

Отметим, что если, например,  $\lambda$  достаточно велико, а  $y_k$  — цена  $i$ -го природного ресурса, то:

$$f_{ij}(x, y) = 0, \quad \dot{y}_k = g_k(x, y)$$

и динамическая эколого-экономическая модель здесь содержит только динамику цен ресурсов.

В качестве примера ОЭЭМ (2.6) и (2.7) рассмотрим моделирование многосекторной эколого-экономической системы (ЭЭС) [1, 3, 52, 86-90]. При этом рассмотрим  $n$ -секторную экономику с взаимно независимыми секторами, каждый из которых производит свой единственный продукт и каждый продукт производится одним единственным сектором. Каждый сектор инвестирует охрану и безопасность загрязнения окружающей среды (ОС). Построим динамическую модель ЭЭС в удельных показателях, т.е. введем следующие обозначения:  $k_i$  — фондовооруженность  $i$ -го сектора;  $\alpha_i$  — доля конечного продукта  $Y_i = f_i(k_i)$ , используемого для инвестирования экономики  $i$ -го сектора, причем  $0 \leq \alpha_i \leq 1$ ;  $\beta_i$  — доля конечного продукта, используемого для непроизводственного потребления, причем  $0 \leq \beta_i \leq 1$ ;  $\mu_i$  — коэффициент амортизации (износа) капитала  $i$ -го сектора, причем  $0 \leq \mu_i \leq 1$ ;  $\gamma_i$  — доля конечного продукта, используемого для оценки объема загрязнения ОС, возникшего в результате производства конечного продукта объемом  $y_i$ , причем  $0 \leq \gamma_i \leq 1$ ;  $\tau_i = (1 - \alpha_i - \beta_i)$  — доля конечного продукта, используемого на борьбу (охрану, мониторинг и т. д.) с загрязнением окружающей среды, причем  $\alpha_i + \beta_i \leq 1$ . Здесь при наличии только равенства природоохранные мероприятия не проводятся, и величина  $\tau_i$  определяет степень экологизации. Кроме того, обозначим через  $z$  переменную загрязнения;  $\lambda (\lambda > 1)$  — количество единиц загрязнения, которые уничтожаются одной единицей используемого конечного продукта;  $\nu$  — коэффициент естественной убыли (ассимиляции) загрязнения (считается, что ОС обладает способностью ассимилировать определенную часть отходов производства), причем  $0 < \nu < 1$ .

Тогда динамическую модель n-секторной экономики, без учета экологии, можно представить в виде:

$$\dot{k}_i = \alpha_i f_i(k_i) - \mu_i k_i, \quad k_i(0) = k_{i0}, \quad i = \overline{1, n}. \quad (2.8)$$

Так как приращение загрязнения равняется разности между объемом произведенного загрязнения и объемом уничтоженного загрязнения как в результате непосредственной борьбы с ним, так и в результате естественной убыли, динамику загрязнения можно описать (моделировать) следующим дифференциальным уравнением:

$$\dot{z} = \sum_{i=1}^n \gamma_i f_i(k_i) - \sum_{i=1}^n \lambda_i (1 - \alpha_i - \beta_i) f_i(k_i) - \nu z. \quad (2.9)$$

Для ЭЭС (2.8), (2.9) пространство переменных  $(k, z) = (k_1, \dots, k_n, z)$  является фазовым пространством. В качестве управлений (внешних влияний на систему) возьмем переменные  $(\alpha, \beta) = (\alpha_1, \dots, \alpha_n, \beta_1, \dots, \beta_n)$ .

Эколого - экономический процесс (ЭЭП) будем изучать на промежутке времени  $[t_0, t_m]$ .

Ограничения на управления имеют вид:

$$\begin{cases} 0 \leq \alpha_i \leq 1, & 0 \leq \beta_i \leq 1, & i = \overline{1, n}, \\ \alpha_i + \beta_i \leq 1, & i = \overline{1, n}. \end{cases} \quad (2.10)$$

Ограничения на краевые условия:

$$\begin{cases} k(t_0) \in K_0(t_0), & k(t_m) \in K_m(t_m), \\ z(t_0) \in Z_0(t_0), & z(t_m) \in Z_m(t_m). \end{cases} \quad (2.11)$$

Эффективность (полезность) ЭЭП  $\forall t \in [t_0, t_m]$  целесообразно оценивать значением некоторой (заданной) функции (функционалом) полезности (ФП)  $u(c, z) = u(c_1, \dots, c_n, z) \equiv \equiv u(\beta_1 f_1(k_1), \dots, \beta_n f_n(k_n), z)$ , которую будем считать определенной в  $R_+^{n+1} = \{(c, z) : c_i \in R_+^1, z \in R_+^1\}$ , непрерывной в  $R_+^{m+1}$ , монотонно возрастающей по  $c_i$  и монотонно убывающей по  $z$ , а также вогнутой по каждому аргументу.

Во многих случаях при моделировании ЭЭС ФП  $u(c, z)$  считается сепарабельной:

$$u(c, z) = \sum_{i=1}^n u_i(c_i) + u_{n+1}(z). \quad (2.12)$$

Тогда полезность ЭЭП на  $[t_0, t_m]$  можно оценить функционалом:

$$J(q) = \int_{t_0}^{t_m} \rho_0 e^{-\delta t} u(c, z) dt, \quad (2.13)$$

где  $e^{-\delta t}$  – дисконтирующий множитель с константой  $\delta > 0$ ;  $\rho_0 > 0$  – некоторый нормирующий коэффициент;  $q = (k, z, \alpha, \beta)$  – допустимый ЭЭП.

Итак, имеем задачу оптимального контроля и управления ЭЭП в виде:

$$J(q) \rightarrow \max_{q \in Q}. \quad (2.14)$$

Поскольку и сама производственно-экономическая система и ВЭЭС потенциально нестабильна, то из теории синергетической экономики известно, что она может проявлять очень сложное поведение. Однако, применяя принцип подчинения Хакена или теорему о центральном многообразии, можно свести эту многомерную сложную задачу к относительно низкоразмерной, так что становится возможным понять некоторые качественные свойства таких динамических систем [13, 14, 19].

В заключение отметим, что в модели (2.6) – (2.8) важно учесть также стохастические воздействия нестабильной внешней среды на экономическую систему.

Модели эколого-экономического управления (ЭЭУ), учитывающие влияние стохастических воздействий, должны отражать степень, с которой эти экзогенные силы могут повлиять на конечные результаты моделирования. Если результаты моделирования решающим образом зависят от экзогенных стохастических воздействий и в малой степени испытывают влияние взаимодействия экономических переменных, модель не представляет интереса. С другой стороны, если учет стохастических эффектов оказывает малозаметное влияние на качественные результаты, то стохастические факторы могут быть полностью исключены из анализа. Однако флуктуации могут играть решающую роль в развитии экономики, даже если развитие определяется детерминированными механизмами. Влиянием флуктуаций на детерминированное развитие нельзя пренебречь в

случае, если детерминированные уравнения рассматриваются вблизи критических точек.

Функционирование и развитие ЭЭС во времени в условиях нестабильной внешней среды зависит от причин, прогнозировать которые с абсолютной точностью не представляется возможным. Такие причины обычно описываются как флуктуирующие (стохастические) воздействия (шумы). Таким образом, обобщенную динамическую нелинейную модель можно представить в виде мультипликативно - аддитивной стохастической модели с распределенными переменными и с хаотическим поведением, т.е. [3]:

$$\dot{x}_i = \left[ \xi(t)x_i \left( 1 - \sum_{j=1}^n a_j(t)x_j \right) + \sum_{k=1}^3 d_{ik} \frac{\partial^2 x_i}{\partial r_k^2} + w_i \right] + u_i, \quad (2.15)$$

где  $x_i = x_i(r, t)$  - координаты вектора состояния,  $i=1,2,\dots,n$ ;  
 $r = (r_1, r_2, r_3)$  - вектор пространственного распределения;  
 $\xi_i(t)$  и  $w_i(t)$  - стохастическое возмущающее воздействие с заданными вероятностными характеристиками;  $a_j(t)$  - экзогенные переменные параметры, определяющие нестационарное воздействие внешней среды на данную систему;  $d_{ik}$  - коэффициенты диффузии;  
 $u_i$  - управляющие воздействия, причем  $u_i \in U$  область допустимых управлений.

Далее важной задачей является выполнение дальнейшего компьютерного моделирования и анализа данной модели, которое охватывает множество важных и разнообразных сложных процессов и систем.

### 2.3. Нелинейная стохастическая модель управления предприятием

**Введение.** В условиях нестабильной эколого-экономической внешней среды (ВС) общее функционирование предприятия можно представить как стохастическую функцию производственной деятельности (СФПД) в виде:

$$Y(t) = F[x(t), a(t), \xi(t)], \quad (2.16)$$

где  $F[x(t), a(t), \xi(t)]$  - оператор (функционал) производственной деятельности предприятия;  $x(t) = (x_1(t), \dots, x_n(t))$  - вектор ресурсов



(«чистый» вход);  $a(t)$  – вектор параметров ПФ;  $\xi(t)$  – случайное внешнее воздействие, т.е. процесс  $\xi(t)$  характеризует влияние ВС на производственно-экономическую систему.

Частными вариантами описания СФПД экономического объекта (ЭО) могут быть:

$$1) Y(t) = F[x(t), a(t)] + \xi(t) \quad \text{или} \quad y(t) = \xi(t) \cdot F[x(t), a(t).];$$

$$2) \quad Y(t) = a_0(t)x_1^{a_1}(t)x_2^{a_2}(t) \cdot \dots \cdot x_n^{a_n}(t) + \xi(t) \quad \text{или}$$

$$y(t) = a_0(t) \cdot \xi(t) \prod_{j=1}^n x_j^{a_j}(t).$$

Модель процесса  $\xi(t)$  может быть представлена как стохастическое дифференциальное уравнение  $\dot{\xi}(t) = A(t)\xi(t) + \zeta(t)$  — динамика поведения ВС.

Интегральную структуру исследуемой системы рассмотрим как (рис.2.1).

Обычно используемые ПФ имеют только статический характер, т.е. не соответствует реальной динамике функционирования ПЭС в условиях нестабильной переходной экономики.

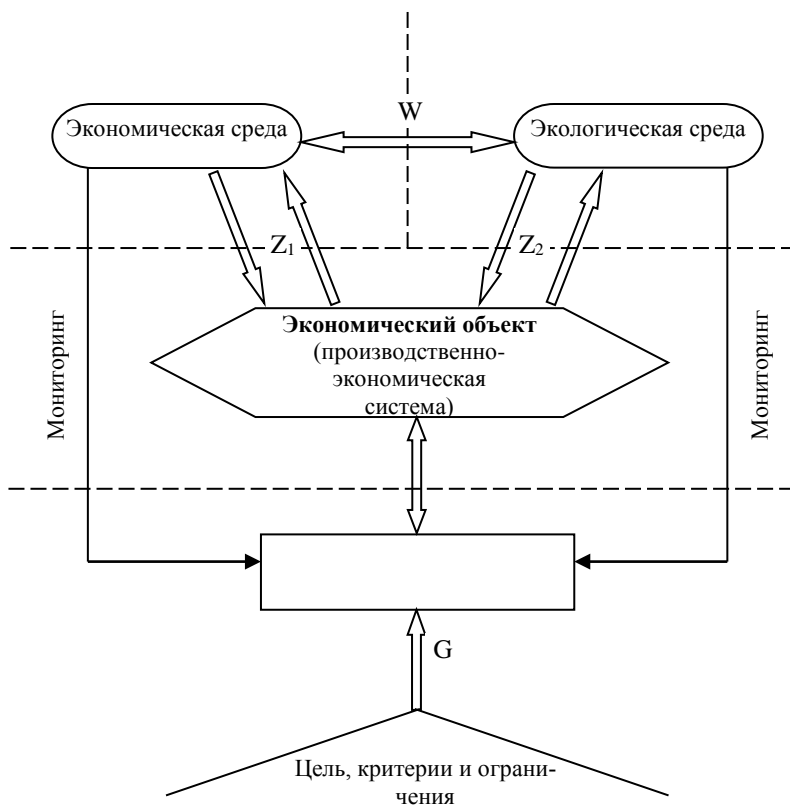


Рис. 2.1. Структура интегральной системы

Поэтому актуальным является вопрос рассмотрения и исследования ПФ, в которой учитываются как динамики, так и стохастичность влияния ВС, т. е., например, в виде:

$$y(t) = \int_{t_0}^t K(t, \tau) x(\tau) d\tau + \xi(t)$$

$$y(t) = \int_{t_0}^t K(t, \tau) \xi(\tau) x(\tau) d\tau,$$

или

где  $K(t, \tau)$  — импульсно-переходная матрица;  $x^T(t) = (x_1(t), \dots, x_n(t))$  — вектор ресурсов («вход»);  $\xi(t)$  — стохастический процесс воз-

мушающих воздействий (экзогенные или эндогенные соответственно) на ПЭС. Заметим, что  $\xi(t)$  может быть и векторным процессом.

Более того, ПФ важно задавать в виде нелинейного интегрально-го или дифференциального оператора, т.е. в виде:

$$а) y(t) = \int_{t_0}^t F[t, \tau, x(\tau)] d\tau + \xi(t) \quad \text{или} \quad y(t) = \int_{t_0}^t F[t, \tau, x(\tau), \xi(\tau)] d\tau;$$

$$б) \dot{y}(t) = \alpha y(t)[y_0 - y(t)] \quad \text{или} \quad \dot{y} = \alpha y(1 - y).$$

Важно заметить также, что некоторые компоненты вектора  $x(t)$  могут изменяться согласно логистическому уравнению:

$$\dot{x}_i(t) = \beta x_i(t)[x_i^* - x_i(t)]$$

где  $x_i^*$  возможное предельное значение (максимальная емкость или предельная возможность рынка ресурсов).

Таким образом, есть необходимость рассмотрения модели производственной деятельности предприятия с учетом эффекта «насыщения» по ресурсам в виде следующих уравнений:

$$y(t) = F[x(t), \alpha(t), \xi(t)], \quad \dot{x}_i^*(t) = \alpha x_i[x_i^* - x_i(t)], \quad i=1, \dots, n.$$

**Постановка задачи и вариант ее решения.** Для начала получим обобщенную нелинейную динамическую модель Солоу (Рамсея). Пусть в каждый момент времени  $t$  выпуск («выход») делится на две части:  $C(t)$  – полное потребление из выпуска производственной системы;  $I(t)$  – капиталовложения (инвестиции) в развитие ПЭС, т.е.  $Y(t) = C(t) + I(t)$ , причем как обычно  $Y(t) = F[K(t), L(t)]$ , где  $K(t)$  – основные фонды, а  $L(t)$  – трудовые ресурсы (ТР). Введем норму отчисления  $\alpha(t)$  на развитие (модернизацию) системы, т.е.:

$$Y(t) = C(t) + \alpha(t) \cdot Y(t) = (1 - \alpha)Y + \alpha Y, \quad 0 \leq \alpha(t) \leq 1.$$

Традиционно предполагают экспоненциальный рост трудовых ресурсов, т. е.  $L(t) = L_0 \exp(n_0 t)$ ,  $L_0 \equiv L(t_0)$ , где  $n_0$  — параметр темпа роста, т. е.  $\dot{L} = n_0 L$ . Однако с учетом эффекта "насыщения" имеет место более реалистическая модель динамики ТР в виде логистического уравнения (т.е. уравнения Ферхюльста) [114]:

$$\dot{L}(t) = n_0 L(t) \left( 1 - \frac{L(t)}{L_{\max}} \right),$$

где  $L_{\max}$  — максимально допустимое количество ТР (предельно допустимое количество работающих в данной системе).

Следовательно, будем иметь следующую модель функционирования и развития ПЭС:

$$\begin{cases} Y(t) = F[K(t), L(t)], & C(t) = (1 - \alpha)Y(t), \\ \dot{K}(t) = \alpha(t)Y(t), & K(t_0) = K_0 - \text{начальный объем основных фондов} \\ \dot{L}(t) = n_0 L(1 - L/L_{\max}), & L(t_0) = L_0 - \text{начальное количество ТР} \end{cases} \quad (2.17)$$

Для удобства анализа системы перейдем к относительным (удельным) величинам:  $k = K/L$  — фондовооруженность;  $c = C/L$  — потребление на одного трудящегося;  $y = Y/L$  — производительность труда.

Тогда систему уравнений (2.17) можно переписать в следующей форме:

$$\begin{cases} y(t) = f(k) \equiv F(k, 1), \\ c(t) = (1 - \alpha)y(t) = (1 - \alpha)f(k), \\ \dot{k}(t) = \alpha f(k) - n_0 \cdot k \cdot (1 - \eta), & \eta = L/L_{\max}, \quad 0 < \eta < 1, \\ k(t_0) = k_0 \end{cases}$$

Таким образом, имеем нелинейную динамическую модель:

$$\begin{cases} \dot{k}(t) = \alpha f(k) - n_0(1 - \eta(t))k(t), & k(t_0) = k_0, \\ c(t) = (1 - \alpha)f(k), \\ \dot{\eta}(t) = n_0 \eta(t)(1 - \eta(t)), & \eta(t) \equiv L(t)/L_{\max}, \\ \eta(t_0) = L_0/L_{\max}. \end{cases} \quad (2.18)$$

Стационарные (равновесные) точки системы можно найти из уравнений:

$$\begin{cases} \alpha f(k) - n_0(1 - \eta)k = 0, \\ n_0 \eta(1 - \eta) = 0. \end{cases}$$

Положим теперь, что  $K_{t+1} = K_t + I_t - \mu K_t$ .

Учитывая обозначения  $y = Y/L$ ;  $i = I/L$ ;  $c = C/L$ ;  $k = K/L$  и выполняя предельный переход, будем иметь модель динамики основных фондов как  $\dot{k} = i(t) - \left( \mu + \frac{\dot{L}}{L} \right) k$ .

Так как  $\dot{L} = n_0 L \left( 1 - \frac{L}{L_{\max}} \right)$ , то  $\dot{L} / L = n_0 \left( 1 - \frac{L}{L_{\max}} \right) \equiv n_0 (1 - \eta(t))$ , т. е.

$$\begin{cases} \dot{k} = i(t) - [\mu + n_0 (1 - \eta(t))]k \\ \dot{\eta} = n_0 \eta (1 - \eta), \\ y = c + i; \quad i = f(k) - c \end{cases}$$

или  $\begin{cases} \dot{k} = f(k) - c - [\mu + n_0 (1 - \eta(t))]k, & k(t_0) = k_0 \\ \dot{\eta} = n_0 \eta (1 - \eta), \quad \eta(t_0) = L_0 / L_{\max}, & 0 < \eta(t) < 1 \end{cases}$

Заметим, что  $f(k) = c + [\mu + n_0 (1 - \eta)]k + \dot{k}$ . Параметр  $n_0$  является параметром хаотичности на рынке труда.

Отметим также, что в модели Солоу важно было также учесть и случайные (экзо - и эндогенного характера) факторы влияния нестационарной ВС на ПЭС (как это показано выше).

**Эколого-экономическая нелинейная стохастическая модель динамики ПЭС.** Производственная функция эколого-экономической системы (ПФЭЭС):  $Y(t) = F[K(t), L(t), I(t), Z(t)]$ , где  $L$  — количество рабочей силы (затраты труда);  $I$  — уровень НТП (информационные и инновационные технологии, интеллектуализация процессов управления и т.п.);  $Z$  — уровень экологического ущерба (загрязнения ОС) при производстве продукта  $Y(t)$ . Заметим, что если общий объем информационного ресурса  $I$  (как и сами источники возможных идей данной области исследований) имеет верхний предел  $I_{\max}$ , т.е.  $0 \leq I(t) \leq I_{\max}$ , то динамическая модель роста информационного является логистическим уравнением вида:

$$\frac{dI}{dt} = \alpha I \left( 1 - \frac{I}{I_{\max}} \right), \quad N(t_0) = N_0 - const.$$

Введем также следующие обозначения для основных макроэкономических показателей:

*переменные:*  $X(t)$  — валовой общественный продукт; ВОП — выход макроэкономической системы;  $Y(t)$  — национальный доход (доход);  $C(t)$  — накопление (для развития и инвестирования);  $S(t)$  — функция предложения (потребления);  $D(t)$  — функция платежеспособного спроса;  $M(t)$  — общий объем денежной массы в обра-

щении в момент времени  $t$ ;  $p(t)$  — средний уровень изменяющихся (нестабильных) цен в данный момент  $t$ ;

*параметры:*  $a$  — материалоемкость валового продукта (коэффициент прямых затрат — доля промежуточного продукта в ВП), причем  $0 < a < 1$ ;  $b$  — коэффициент эффективности капитальных вложений (т.е.  $1/b$  — фондоемкость), причем  $b \geq 1$  или  $0 \leq 1/b \leq 1$ ;  $w$  — доля накопления в национальном доходе, причем  $0 \leq w \leq 1$ ;  $\alpha$  — параметр настройки уровня цен, причем  $0 \leq \alpha \leq 1$ ;  $\gamma$  — доля выплат населению (коэффициент пропорциональности), причем  $0 \leq \gamma \leq 1$ . Пусть для простоты  $L(t) = L_0 \exp(vt)$ , т.е.  $dL/dt = vL(t)$ . Тогда имеем следующую обобщенную экономико-математическую модель [91]:

$$\begin{cases} \dot{D} = \alpha_1 S - \alpha(D(D - S))/p - \min(D, S), \\ \dot{S} = \alpha_2 S, \\ \dot{p} = \alpha(D - S), \end{cases} \quad (2.19)$$

где  $D \geq 0$ ,  $S \geq 0$ ,  $p \geq 0$ ,  $D(0) = D_0$ ,  $S(0) = S_0$ ,  $p(0) = p_0$ ,  $0 \leq t \leq T$ ,  $0 \leq a, w, \alpha, \gamma \leq 1$ ,  $b \geq 1$ ,  $\alpha_1 = \gamma/(1 - w)$ ,  $\alpha_2 = wb(1 - a)$ .

Заметим также, что  $D(t) = M(t)/p(t)$ ,  $V(t) = \gamma\{p(t)Y(t)\}$  — объем выплат населению,  $Z(t) = p(t) \min\{D(t), S(t)\}$  — объем затрат на приобретение товаров,  $Y(t) = S(t) + C(t)$ ;  $Y(t) = (1 - a)X(t)$ ;  $C(t) = wY(t)$ ;  $dX/dt = bC(t)$ .

Итак, задача оптимального управления экономической системой можно сформулировать теперь следующим образом.

Пусть  $u(t) = Q(t)$  — текущий объем производства (управляющая переменная), причем  $0 \leq u(t) \leq u_{\max}$ ,  $p(t)$  — фазовая переменная.

В качестве критерия оптимальности можно брать следующий функционал:

$$J[p, u] = \int_0^T \exp(-vt) \{p(t) \min[D(t), u(t)]\} dt \rightarrow \max_{0 \leq u \leq u_{\max}}. \quad (2.20)$$

В условиях нестабильных (случайных) цен  $p(t)$  данный критерий следует уточнить, т.е. необходимо рассматривать усредненное значение  $J[p, u]$ , т.е.:

$$\bar{J}[p, u] = \int_0^T \exp(-vt) M\{p(t)\} \min[D(t), u(t)] dt \rightarrow \max_{0 \leq u \leq u_{\max}}. \quad (2.21)$$

Заметим, что подынтегральная функция является негладкой, что создает ряд трудностей для аналитической оптимизации.

Уравнение динамики цен на рынке, т.е. уравнение состояния системы имеет вид:

$$dp/dt = \alpha [D(t) - u(t)], \quad p(0) = p_0, \quad p(t) \geq 0, \quad 0 \leq \alpha \leq 1. \quad (2.22)$$

В связи с возрастанием остроты проблемы охраны ОС в условиях нестабильной экономики важны вопросы построения оптимального управления производственной системой. Для этого, в частности, можно основываться на теории производственных функций [86-90].

Пусть задана функция полезности (ФП)  $u(c, z)$ , где  $c$  – объем потребления,  $z$  – переменная, характеризующая объем загрязнения. При этом:

$$\frac{\partial u}{\partial c} > 0, \quad \frac{\partial u}{\partial z} < 0, \quad \frac{\partial^2 u}{\partial c^2} < 0, \quad \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} < 0, \quad \lim_{c \rightarrow 0} \frac{\partial u}{\partial c} = \infty.$$

Теперь в качестве критерия оптимальности принимается интеграл от ФП вдоль конкретных траекторий  $c(t)$  и  $z(t)$  с учетом дисконтирования:

$$W(c, z) = \int_{t_0}^T u(c, z) \exp(-vt) dt \rightarrow \max_{c, z}. \quad (2.23)$$

ПФ рассмотрим в традиционной форме, т.е.  $Y(t) = F(K, L)$ .

Предположим, что основной капитал амортизируется с постоянным темпом  $\mu > 0$  и объем загрязнения прямо пропорционален объему продукта (выпуска) производства и составляет от него долю  $\varepsilon$ ,  $0 < \varepsilon < 1$ , т.е. загрязнение  $z$  измеряется в тех же единицах, что и основная продукция  $Y$  [3].

Известно, что окружающая природная среда обладает определенной способностью ассимилировать отходы производства. Будем считать, что естественная убыль отходов в каждый момент времени составляет долю  $\gamma$  от их общего количества. Необходимо выделить часть производственного продукта на борьбу с загрязнением. При этом затрата одной единицы продукции уменьшает загрязнение на  $\delta$  единиц ( $\delta > 1$ ).

Таким образом, задача эколого-экономического управления состоит в определении долей  $\alpha$  и  $\beta$  выпуска, предназначенных на потребление и борьбу с загрязнением соответственно:

$$c = \alpha Y, \quad z = \beta Y, \quad 0 \leq \alpha, \beta \leq 1.$$

Итак, имеем следующую модель ЭЭС:

$$\begin{cases} Y(t) = F(K, L), \\ \dot{K} = (1 - \alpha - \beta)F(K, L) - \mu K, \\ \dot{Z} = (\varepsilon - \delta\beta)F(K, L) - \gamma Z, \\ L(t) = L_0 - \text{константа}, \\ 0 \leq \alpha(t), \quad \beta(t) \leq 1, \quad \alpha(t) + \beta(t) \leq 1. \end{cases} \quad (2.24)$$

Задачу (2.23) и (2.24) относительно определения оптимальных управлений  $\alpha(t)$  и  $\beta(t)$  можно решить, используя, например, принцип максимума Понтрягина [83].

**Выводы.** Представлена интегральная нелинейная стохастическая эколого-экономическая модель управления предприятием, которая наиболее применима для задач принятия производственных решений в условиях нестабильной внешней среды. Далее важно провести компьютерное исследование полученных моделей с учетом параметров хаотичности.

## 2.4. Моделирование инновационных процессов на предприятии

Введение. Эффективность функционирования, роста и развития производственно-экономической системы (ПЭС) во многом зависит от уровня и интенсивности применения новых технологий (НТ) (информационных, инновационных, наукоемких, конкурентоспособных, инвестиционных и т.п.). Хотя в ряде научных работ исследуются вопросы моделирования развития сложных экономических систем, рассматриваемой проблеме уделено незаслуженно недостаточное внимание [92,93]. В простейшем случае влияние НТ на развитие ПЭС можно выразить, введя явную зависимость производственной функции (ПФ) от времени, т.е.  $Y(t) = F[x(t), t]$  где  $x(t)$  — вектор ресурсов. Это выражение учитывает фактический тренд ПФ. Такое



влияние НТ на ПЭС можно назвать экзогенным. Заметим, что влияние НТ на функционирование ПЭС — важнейший, но не единственный фактор роста и развития.

Однако в последнее время при построении моделей социально-экономических и экологических систем широко используется хорошо известная в биоэкологии классификация взаимоотношений между подсистемами. Они следующие: *"Хищничество"*: одна подсистема ("хищник") сдерживает развитие другой ("жертвы"), а другая подсистема ("жертва") ускоряет развитие первой подсистемы ("хищника"). *Конкуренция*: каждая из подсистем имеет негативное влияние на развитие другой подсистемы, хотя существует и внутрисистемная борьба за существование. *Симбиоз или комменсализм*: каждая из подсистем ускоряет рост (развитие) другой или одна подсистема получает выгоду, не делая другой подсистеме вреда, но и не принося пользы [13,95].

Итак, пусть имеется две подсистемы с общим объемом выхода  $N_1$  и  $N_2$ , соответственно, которые взаимодействуют друг с другом. Развитие (размножение) каждой из этих подсистем будем описывать логистическим уравнением, а их взаимодействие опишем членом, пропорциональным произведению  $N_1 N_2$ . Тогда в случае взаимодействия типа "хищничества" динамика развития подсистем опишется следующей системой дифференциальных уравнений [13,95]:

$$dN_1/dt = r_1 N_1 - (r_1/K_1) N_1^2 + \gamma_2 N_1 N_2, \quad dN_2/dt = r_2 N_2 - (r_2/K_2) N_2^2 - \gamma_2 N_1 N_2.$$

В случае взаимодействия типа "конкуренция" динамика развития подсистем опишется системой уравнений:

$$dN_1/dt = r_1 N_1 - (r_1/K_1) N_1^2 - \gamma_1 N_1 N_2, \quad dN_2/dt = r_2 N_2 - (r_2/K_2) N_2^2 - \gamma_2 N_1 N_2.$$

Наконец, при взаимоотношении типа "симбиоз" динамика развития подсистем опишется следующей системой уравнений:

$$dN_1/dt = r_1 N_1 - (r_1/K_1) N_1^2 + \gamma_1 N_1 N_2, \quad dN_2/dt = r_2 N_2 - (r_2/K_2) N_2^2 + \gamma_2 N_1 N_2.$$

Итак, общая математическая модель динамики экономической и/или экологической системы, состоящей из множества взаимодействующих подсистем, может быть представлена как систему нелинейных дифференциальных уравнений (без учета пространственных параметров) с учетом эффектов «насыщения» и «синергии» в следующей форме [3,94,95]:

$$\dot{x}_i(t) = x_i(t)[\beta_i - \gamma_i x_i(t)] + \sum_{j=1, j \neq i}^n \alpha_{ij} x_j(t) x_i(t), \quad i = 1, \dots, n, \quad (2.25)$$

где коэффициенты  $\alpha_{ij}$ ,  $\beta_i$ ,  $\gamma_i$  имеют реальный физический (экономический) смысл, т.е.  $\beta_i$  является предельным значением переменной  $x_i$ , коэффициент  $\gamma_i$  характеризует уровень внутренней (внутривидовой) конкуренции в подсистеме (популяции), а  $\alpha_{ij}$  – межподсистемную (межвидовую) конкуренцию. Отметим, что такими моделями можно описать различные развивающиеся системы независимо от их природы.

Уравнение (2.25) в общем виде можно переписать как систему уравнений:

$$\dot{x}_i(t) = f(x_1(t), \dots, x_n(t); \bar{a}, t), \quad i = 1, \dots, n, \quad (2.26)$$

где  $\bar{a}$  — вектор всех параметров. Уравнения (2.26) носят название эволюционных уравнений. Целью данной работы является обобщение известных результатов и получение новых подходов нелинейного моделирования динамики влияния современных информационных, инновационных и других технологий на развитие производственно-экономических систем, функционирующих в условиях конкуренции и нестабильной внешней среды, в том числе нелинейной стохастической мультипликативно - аддитивной модели системы с хаотическим поведением[3].

**Динамическая модель влияния ИТ на производственно-экономическую систему (ПЭС).** Предположим, что  $x(t) = (x_1(t), \dots, x_n(t))$  – вектор входных ресурсов, перерабатываемых ПЭС (материалы, финансы, трудовые ресурсы, энергия, информация и т.п.) в момент времени  $t$ ;  $y(t)$  – выпуск ПЭС, выраженной в денежных или натуральных единицах, в тот же момент времени. Для простоты и наглядности рассмотрим однопродуктовую модель, что, однако, не нарушает общности анализа, который может быть аналогично проведен и для многопродуктовой модели, когда  $y(t)$  – вектор.

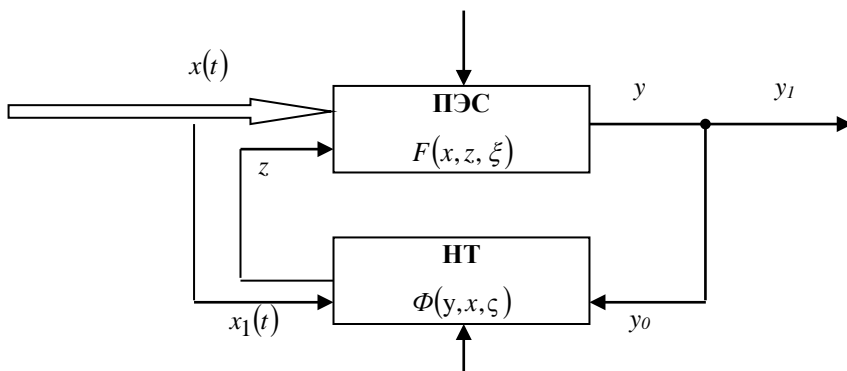


Рис. 2.2. Модель влияния НТ на ПЭС

Представим механизм воздействия новых технологий (НТ) на ПЭС при учете стохастических воздействий внешнеэкономической среды в виде функционально-динамической структуры (рис.2.2). Здесь  $F$  – оператор ПЭС (производственная функция), т.е. в условиях нестабильной эколого-экономической внешней среды (ВС) общее функционирование предприятия можно представить как стохастическую функцию производственной деятельности (СФПД) в виде:

$$Y(t) = F[x(t), a(t), \xi(t)], \quad (2.27)$$

где  $F[x(t), a(t), \xi(t)]$  — оператор (функционал) производственной деятельности предприятия;  $x(t) = (x_1(t), \dots, x_n(t))$  — вектор ресурсов («чистый» вход);  $a(t)$  — вектор параметров ПФ;  $\xi(t)$  — случайный процесс, характеризующий влияние ВС на производственно-экономическую систему.  $\Phi$  — оператор (описание) НТ:  $z = \Phi(y, x, \zeta)$  — механизм управления ростом и развитием ПЭС, который использует часть входных ресурсов  $x(t)$  и выпуска  $y(t)$  для своей организации и функционирования.

Предположим, что воздействие НТ на ПЭС оценивается с помощью обобщенного технико-экономического показателя (ОТЭП)  $z(t)$ , связанного с относительными темпами роста традиционных показателей экономического анализа (производительность труда, фондоотдача, энергоемкость, наукоемкость и т.д.):

$$z(t) = \sum_{i=1}^n a_i \frac{\dot{W}_i(t)}{W_i(t)}, \quad (2.28)$$

где  $\alpha_i$  – весовые коэффициенты (обычно задаются экспертами), определяющие значимость различных первичных показателей НТ, причем  $\sum a_i = 1$  и  $a_i > 0$ ;  $W_i(t) = Y(t)/x_i(t)$ ,  $\dot{W}_i(t) = dW_i/dt$ .

Функционально-динамическая модель, отражающая воздействие НТ на ПЭС с учетом прямых и обратных связей, может быть аналитически описана в виде (для простоты положим, что  $\xi(t) = 0, \zeta(t) = 0$ ):

$$\begin{cases} y(t) = F(x(t), z(t)), \\ z(t) = \Phi(x(t), y(t)), \\ F(x, 0) \equiv F_0(x). \end{cases} \quad (2.29)$$

$$\quad (2.30)$$

$$\quad (2.31)$$

Граничное условие (2.30) дает возможность различать цепи обратной связи по подсистеме "НТ".

Разложим ПФ  $F(x, y)$  в ряд Тейлора в окрестности точки  $z(t) = 0$ :

$$y(t) = F(x) + \sum_{k=1}^{\infty} C_k(t) z^k(t), \quad C_k(t) = \left. \frac{1}{k!} \frac{\partial^k}{\partial z^k} F(x, z) \right|_{z=0} \quad (2.32)$$

Учитывая то, что относительные темпы прироста выпуска ПЭС за счет воздействия только НТ значительно меньше естественных относительных темпов прироста, вызванных приростом ресурсов, в разложении (2.32) можно с высокой для практических целей точностью ограничиться лишь линейным рядом Тейлора. Тогда, сопоставляя (2.29) и (2.32) для выпуска ПЭС  $y(t)$ , имеем следующее дифференциальное уравнение развития:

$$y'(t) = \alpha_1(t)y(t) + \beta_1(t)y^2(t), \quad (2.33)$$

где  $\alpha_i(t) = \sum_{i=1}^n a_i \frac{x'_i(t)}{x_i(t)} - \frac{F(x(t))}{C_i(t)}$ ;  $\beta_i(t) = 1/C_i(t)$ .

Эта функционально-динамическая модель легко обобщается на случай сложной многомерной (многопродуктовой) производственно-экономической структуры.

Из (2.33) следует, что выход ПЭС есть отображение типа логистического с нестационарными параметрами, т.к.  $y'(t) = y(t)[\alpha(t) + \beta(t)y(t)]$  или  $y_{n+1} = \alpha_n \beta_n [1 + \tilde{\beta}_n y_n]$ ,  $\tilde{\beta}_n = \beta_n / \alpha_n$ .

Оператор  $\Phi$  описывает влияние НТ и автоматизированной системы принятия экономических решений (АСПЭР) в функционировании и развитии ПС.

**Синергетическая модель развития ПЭС в условиях конкурентной стратегии.** Динамическая модель развития сложной (многомерной) ПЭС  $S$ , состоящей из  $n$  подсистем  $S_1, \dots, S_n$ , с некоторой точностью можно представить в виде следующей системы дифференциальных уравнений:

В системе (2.34) можно выделить различные по характеру поведения во времени решения (моды)  $X_i$ . Наибольший вклад в решения будут давать линейные члены с коэффициентами  $\alpha_i$ . Часть этих переменных с достаточно большими отрицательными по величине  $\alpha_i$  будут определять незатухающие моды. Поэтому все подсистемы, определяемые дифференциальными уравнениями в сложной (многомерной) системе, приведенной выше, можно разделить на две группы:  $i = 1, 2, \dots, m$  – устойчивые (затухающие) моды;  $i = m + 1, m + 2, \dots, n$  – неустойчивые (незатухающие) моды.

модели развивающейся системы процесс самоорганизации рассматривается как конкуренция мод.

В модели (2.34) коэффициенты  $\gamma_{ij}$  определяют степень взаимодействия между подсистемами  $S_i$  и  $S_j$ , а коэффициенты  $\beta_i$  указывают на уровень насыщения переменной  $X_i$ , т.е. ее предельное значение. Заметим, что уравнения (2.34) можно представить также в виде логистических уравнений с «взаимодействием», т.е. например,

$$dX_i / dt = X_i (\alpha_i + \gamma_{i2} X_1 + \dots + \gamma_{i,n} X_n + \beta_i X_i) \quad \text{или}$$

$$dX_i / dt = a_i X_i (1 - c_{i2} X_1 - \dots - c_{i,n} X_n + b_i X_i), \quad \text{где} \quad a_i = \alpha_i, \\ c_{ij} = -\gamma_{ij} / \alpha_1, \quad b_i = -\beta_i / \alpha_1.$$

В двумерном случае (при  $n=2$ ) система (2.34) состоит из 2-х подсистем, т.е.:

$$\begin{cases} dX_1 / dt = \alpha_1 X_1 + \beta_{12} X_1 X_2 + \gamma_1 X_1^2, \\ dX_2 / dt = \alpha_2 X_2 + \beta_{21} X_1 X_2 + \gamma_2 X_2^2, \end{cases} \quad (2.35)$$

Для исследования процессов самоорганизации, возникающих в системе (2.35), применим принципы подчинения и построения аттракторов. Принцип подчинения будет справедлив лишь в том случае, если переменные (векторы)  $X_1(t)$  и  $X_2(t)$  обладают временной иерархией, т.е. их постоянные времени значительно отличаются друг от друга. Пусть, например,  $X_2(t)$  – медленная переменная, а  $X_1(t)$  – быстрая переменная. Это означает, что отношение приращений  $\Delta X_1(t)$ ,  $\Delta X_2(t)$  за короткий интервал времени  $\Delta t$  намного меньше единицы, т.е.  $\Delta X_2(t) / \Delta X_1 \ll 1$  или  $\Delta X_2 \ll \Delta X_1$ .

Следовательно, первое уравнение в (2.35) можно представить в виде:

$$dX_1 / dt = \alpha_1 (X_1 + \beta_{12} X_1 X_2 + \gamma_1 X_1^2),$$

где  $\alpha_1$  – здесь достаточно большая величина, превышающая на порядок второй сомножитель, который в свою очередь теперь имеет один порядок с правой частью второго уравнения системы (2.35), т.е.  $\alpha_1 \geq 1$  или  $\varepsilon = 1 / \alpha_1 \ll 1$ .

Таким образом, система (2.35) теперь может быть записана в виде:

$$\begin{cases} \varepsilon d X_1 / dt = X_1 + (\beta_{12} / \alpha_1) X_1 X_2 + (\gamma_1 / \alpha_1) X_1^2, \\ d X_2 / dt = \alpha_2 X_2 + \beta_{21} X_1 X_2 + \gamma_2 X_2^2. \end{cases} \quad (2.36)$$

При  $\varepsilon \rightarrow 0$  система (2.36) переходит в вырожденную (сингулярную) систему уравнений вида:

$$\begin{aligned} X_1 + (\beta_{12} / \alpha_1) X_1 X_2 + (\gamma_1 / \alpha_1) X_1^2 &= 0, \\ d X_2 / dt &= \alpha_2 X_2 + \beta_{21} X_1 X_2 + \gamma_2 X_2^2. \end{aligned} \quad (2.37)$$

Дифференциальное уравнение в (2.37) отображает динамику изменения медленной переменной, а алгебраическое уравнение – быстрой переменной, причем из первого уравнения будем иметь  $X_2 = \alpha_1 / \beta_{12} - \alpha_1 \gamma_1 / \beta_{12} X_1$ .

Заметим, что фазовое пространство, в котором лежат переменные, описывающие сложную систему, очень велико, и принять во внимание все переменные невозможно. Но есть области в фазовом пространстве, где, для того чтобы понимать и предсказывать происходящее, достаточно несколько параметров (фазовых переменных), т.е. иногда существуют проекции на подпространство меньшего числа переменных, которые адекватно отражают происходящее во всем пространстве переменных. Эти подпространства называют руслами. Размерность русла (т.е. размерность этого пространства) обычно невелика. Психологи, например, говорят о семи переменных, однако вообразить себе нетривиальный четырехмерный объект – это уже непросто. И если поэтому у нас для описания системы имеется подходящее русло, то тут можно строить достаточно простые и эффективные модели и находить эффективные поведенческие стратегии. Там, где дело касается русел, сложные системы удастся описывать просто. Но в реальности все устроено более сложно. Русло кончается (а определить когда это происходит – отдельная важная задача), и число переменных быстро растет, горизонт прогноза уменьшается и появляется возможность резких изменений. Такие области в фазовом пространстве называют областями джокеров, а при этом поведение системы – джокерами [11,16]. Джокер может быть связан с точкой бифуркации, когда малые флуктуации, случайный шум могут определить ход процесса. Поэтому важно исследование экономических систем с джокерами, т.е. для социально-экономических систем.

Заметим, что в области русла можно опираться на простые детерминированные модели, на несложные закономерности. Совер-

шенно иначе приходится описывать сложную систему с джокером, т.е. в области джокера. В этом случае огромное значение имеет учет случайности, игровые моменты, становится необходимым вероятностное описание. Выбор в таких случаях сложен, потому что приходится принимать в расчет слишком многое, что оставляет простор для субъективных факторов (такие плохо поддающиеся формализации сущности, как мораль, убеждения, нравственность, предшествующий опыт). В отличие от моделей точных наук, здесь многие величины могут меняться скачком. Это уровень доверия, ожидания, связываемые с будущим.

Итак, для исследования социально – экономических процессов и систем и для управления ими важно уметь выделять небольшое число параметров, определяющих их ход, и выявлять взаимосвязи между ними, т.е. нужен системный синтез [11].

Стохастическая модель влияния НТ на развитие ПЭС. Модели социального и эколого-экономического управления (ЭЭУ), учитывающие влияние стохастических воздействий, должна отражать степень, с которой эти экзогенные силы могут повлиять на конечные результаты моделирования. Если результаты моделирования решающим образом зависят от экзогенных стохастических воздействий и в малой степени испытывают влияние взаимодействия экономических переменных, модель не представляет интереса. С другой стороны, если учет стохастических эффектов оказывает малозаметное влияние на качественные результаты, то стохастические факторы могут быть полностью исключены из анализа. Однако флуктуации могут играть решающую роль в развитии экономики, даже если развитие определяется детерминированными механизмами. Влиянием флуктуаций на детерминированное развитие нельзя пренебречь в случае, если детерминированные уравнения рассматриваются вблизи критических точек.

Функционирование и развитие ПЭС во времени в условиях нестабильной внешней среды и конкуренции зависит от причин, прогнозировать которые с абсолютной точностью не представляется возможным. Такие причины обычно описываются как флуктуирующие (стохастические) воздействия (шумы). Таким образом, обобщенную синергетическую стохастическую мультипликативно-аддитивную модель нелинейной системы с хаотическим поведением можно представить в виде:



$$\dot{x}_i = \left[ \lambda_i \xi_i(t) x_i(t) \left[ \Sigma_X \pm \sum_{j=1}^n a_{ij}(t) \prod_{k=1}^j x_k(t) \right] + \sum_{l=1}^3 d_{il} \frac{\partial^2 x_i}{\partial r_l^2} + w_i \right] + b_i u_i(t), \quad i = \overline{1, n}, \quad (2.38)$$

$$\overline{x_i(0)} = x_{i0}$$

где  $x_i = x_i(r, t)$  — координаты вектора состояния;  $r = (r_1, r_2, r_3)$  — вектор пространственного распределения;  $\langle \xi_i, w_i \rangle$  — стохастические возмущающие составляющие модели, т.е.  $\xi_i(t)$  и  $w_i(t)$  — стохастическое возмущающее воздействие с заданными вероятностными характеристиками, причем  $\xi_i(t)$  может играть роль "малого" мультипликативного управляющего воздействия для контроля хаотического поведения системы;  $\{a_{ij}(t)\}$  — нестационарные составляющие модели (т.е. экзогенные переменные (параметры), определяющие нестационарное воздействие внешней среды на данную систему);  $\{d_{il}\}$  — коэффициенты диффузии, определяющие уровень распределения переменных состояния;  $\Sigma_X$  — суммарное максимальное (предельно допустимое) значение вектора  $X$ ;  $\{\lambda_i\}$  — совокупность параметров, которые приводят к хаотическому поведению;  $u_i$  — внешние управляющие воздействия, причем  $u_i \in U_i$  — область допустимых управлений.

Частную дискретную модель эволюции экономической системы, соответствующую (2.38), можно представить как следующий итерационный процесс[3]:

$$x_i(k+1) = \left[ \xi_i(k) x_i(k) \left( 1 - \sum_{j=1}^n a_{ij}(k) x_j(k) \right) + \sum_{l=1}^3 d_{il} \frac{\partial^2 x_i(k)}{\partial r_l^2} + w_i(k) \right] + u_i(k), \quad (2.39)$$

$$k = 0, 1, 2, \dots, \quad i = 1, \dots, n.$$

В случае двух конкурирующих экономических структур (фирм) систему уравнений (2.39) (без учета пространственного распределения переменных состояния) можно записывать как:

$$x_1(k+1) = \left[ \xi_1(k) x_1(k) \left( 1 - \sum_{j=1}^2 a_{1j}(k) x_j(k) \right) + w_1(k) \right] + u_1(k),$$

$$x_2(k+1) = \left[ \xi_2(k) x_2(k) \left( 1 - \sum_{j=1}^2 a_{2j}(k) x_j(k) \right) + w_2(k) \right] + u_2(k), \quad k=0, 1, 2,$$

Теперь необходимо выполнить компьютерное моделирование и анализ данной модели, которая охватывает множество важных и разнообразных сложных процессов и систем при заданных исходных параметрах и условиях: начальные состояния функционирования ПЭС, соответственно,  $\bar{x}_{10}, \bar{x}_{20}$  — усредненные значения; динамика нестационарности внешней среды, т.е.  $a_{ij}(k+1) = a_{ij}(k) + \Delta a_{ij}(k)$ , в частности,  $\Delta a_{ij}(k) = 0$  и заданных вероятностных характеристик стохастических возмущающих воздействий  $\xi_i(t), w_i(t)$ .

Нелинейная динамическая модель конкуренции. Рассмотрим теперь ситуацию, когда элементы (фирмы)  $\{x_i\}$  и  $\{y_i\}$  двух различных систем (например, отраслей)  $S_1$  и  $S_2$  взаимодействуют и сосуществуют на основе одного и того же количества ресурсов (например, на одном и том же рынке (сегменте рынка)), которые имеют ограниченные объемы. При этом, чем больше элементов у первой системы, тем больше ресурсов они употребляют и, следовательно, тем меньше ресурсов остается для элементов другой системы.

Пусть количество выпуска системы  $S_1$  есть  $x$ , а для  $S_2$  —  $y$ . Тогда динамика изменения величин  $x$  и  $y$ , т.е. количеств элементов систем  $X$  и  $Y$ , соответственно, можно представить в виде системы уравнений:

$$\dot{x} = x(\alpha_1 - \beta_1 x - \gamma_1 y), \quad \dot{y} = y(\alpha_2 - \beta_2 y - \gamma_2 x), \quad (2.40)$$

где  $\alpha_k, \beta_k$  и  $\gamma_k$  — предельно допустимые значения объемов ресурсов системы ( $k=1,2$ ), коэффициенты, описывающие конкуренцию внутри  $k$ -ой подсистемы, и коэффициенты, описывающие конкуренцию между элементами подсистем  $X$  и  $Y$ . Заметим, что в модели (2.40) одновременно учтены два свойства: принцип насыщения и синергию, т.е. взаимодействия и коллективное поведение.

На примере двух фирм  $x$  может быть выходом (выпуском, прибылью) первой фирмы, а  $y$  — выходом второй фирмы, причем обе эти фирмы используют в своей деятельности один и тот же ограниченный объем ресурсов.

В систему уравнений (2.40) входят шесть управляющих параметров  $\{\alpha_k, \beta_k, \gamma_k, k=1,2\}$ . В зависимости от значений этих параметров динамика системы в целом  $S = S_1 \cup S_2$  может быть различ-

на, а, следовательно, нам необходимо провести анализ того, как зависит поведение системы от выбранных значений параметров. Но большое число параметров существенно затрудняет решение задачи, поэтому важно сократить их количество. Для этого воспользуемся перенормировкой и введем в рассмотрение новые переменные и время, т.е. обозначения:  $X = (\beta_1 / \alpha_1)x$ ,  $Y = (\beta_2 / \alpha_2)y$  и  $\tau = \alpha_1 t$  или  $\tau = \alpha_2 t$ . Тогда система уравнений (2.40) примет следующий вид:

$$dX / d\tau = X(1 - X - a_2 Y), \quad dY / d\tau = \mu(1 - Y - a_1 X) \quad (2.41)$$

где  $\mu = \alpha_2 / \alpha_1$ ,  $\alpha_1 = \alpha_1 \gamma_2 / \alpha_2 \beta_1$  и  $\alpha_2 = \alpha_2 \gamma_1 / \alpha_1 \beta_2$  – новые параметры, составленные из параметров входящих в систему уравнений (2.40). Тут на свойства системы  $S$  существенное влияние оказывают только два параметра —  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$ , т.к. параметр  $\mu$  не влияет на качество системы.

С точки зрения синергетической экономики (СЭ), эволюционной экономической системы, которая всегда была бы устойчива, не существует. Она всегда подвержена нестационарным трансформирующим воздействиям внешних и внутренних сил. Когда система проходит некоторые критические значения внешних параметров, в ней могут возникнуть внезапные непрогнозируемые структурные изменения и хаос. Для предотвращения подобных процессов в конкурентную систему нужно ввести некий стабилизатор. Такое стабилизирующее воздействие может обеспечить грамотное правительство. К примеру, социальные проблемы могут быть разрешены именно благодаря определенной деятельности правительства. Поэтому важна концепция перехода к социально ориентированной рыночной экономике, которая была бы одновременно и эффективной, и устойчивой. Пока нет такой экономической теории, которая доказала бы, что эффективности и устойчивости можно достичь одновременно. А если не гарантирована эффективность, устойчивость надолго теряет всякий смысл.

Итак, в данном пункте предложены различные нелинейные модели динамики влияния современных информационных, инновационных технологий и других внешних факторов (конкурентов) на развитие производственно-экономических систем, функционирующих в условиях конкуренции и нестабильной внешней среды. Впервые рассмотрена нелинейная стохастическая мультипликативно - аддитивная модель системы с хаотическим поведением.

## **2.5. Моделирование и управление рисками на предприятии в условиях смешанной неопределенности**

Введение. Во многих задачах финансово-экономической сферы, в частности, в задачах маркетинга, менеджмента, финансово-банковских операций, инвестиций в различные проекты и др. возникает необходимость принятия решений (ПР). Проблема ПР осложняется тем, что ее приходится решать в условиях неопределенности (УН). Неопределенность может носить различный характер. Неопределенными могут быть осознанные действия противоборствующих сторон, направленные на уменьшение эффективности принимаемых противником решений. Например, конкурирующие на одном рынке фирмы осуществляют действия, приводящие к реализации своих интересов и препятствующие в этом конкурентам. Неопределенность может относиться к ситуации риска, в которой сторона, принимающая решение, в состоянии установить не только все возможные результаты всех решений, но и вероятности их появления. В ситуации, когда известны все последствия всевозможных решений, но неизвестны их вероятности, т.е. неизвестны вероятности возможных состояний окружающей среды, решения приходится принимать в условиях полной неопределенности. Наконец, неопределенностью может обладать цель решаемой задачи, когда показатель эффективности решения характеризуется единственным числом и не всегда отражает достаточно полную картину. При выборе решения в УН всегда присутствует фактор действия наудачу без обоснованной уверенности в успехе, т.е. выбор решения в УН всегда сопряжен с риском. Он неизбежно присутствует в различных хозяйственных операциях (коммерческий риск), в выполнении предприятием определенного заказа (производственный риск), в выполнении фирмой финансовых обязательств перед инвестором (кредитный риск), в решении купить акции или др. ценные бумаги, т.е. в формировании инвестиционно-финансового портфеля (инвестиционный риск), в решениях поместить деньги в банк (финансовый риск) и др. [96,99].

Постановка задачи. Для ПР в условиях стохастической неопределенности, т.е. при случайности исходной информации, критерий оптимальности можно определить следующим образом. Пусть требуется отыскать такую совокупность параметров, которая доставляет экстремум (минимум или максимум) некоторой целевой функции. Если через  $x$  обозначить совокупность (вектор) искомых параметров,

например, вектор ресурсов или факторов производства, через  $X$  — допустимое множество (рынок) этих параметров (ресурсов), а через  $f(x)$  — целевую функцию (например, производственная функция или функция дохода, прибыли, затрат, полезности и т. п.), подлежащую минимизации (или максимизации), то задача поиска оптимального решения  $x^*$  может быть представлена в следующем виде:

$$x^* = \arg \min f(x) \text{ при } x \in X. \quad (2.42)$$

Пусть, в частности, критерий эффективности (оптимальности) определяется функцией полезности (ФП)  $U(x, \xi)$ , где  $x$  — вектор состояния системы, а  $\xi$  — вектор состояния внешней среды (ВС),  $x \in D$  — множество допустимых решений (состояний). Если наблюдение над состоянием  $\xi$  ВС выполнено до момента ПР, то решение должно быть выбрано в зависимости от  $\xi$  и наилучшим решением для данного  $\xi$  является решение следующей задачи [98,99]:

$$U(x, \xi) \rightarrow \max, \quad x \in D. \quad (2.43)$$

Решением задачи является  $x^*(\xi) = \text{Arg max } U(x, \xi)$  при заданном  $\xi$ .

Если решение принимается до наблюдения над состоянием ВС (т.е. условие полной неопределенности), то оно может быть лишь детерминированным и, следовательно, не может быть решением задачи (2.43) при каждом значении  $\xi$ . В этом случае применяют известные детерминированные критерии выбора: Вальда, Сэвиджа, Гурвица, Лапласа и т.п.

Если  $\xi$  принимает конечное множество значений  $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_m$  с вероятностями  $p_1, p_2, \dots, p_m$ , то искомое решение необходимо найти как решение задачи:

$$F(x) = \sum_{k=1}^m p_k U(x, \xi_k) \rightarrow \max, \quad x \in D. \quad (2.44)$$

Или, в общем случае,  $F(x) = M_{\xi} \{U(x, \xi) \rightarrow \max, x \in D\}$ , т.е. максимизирует ожидаемое значение эффективности решения.

Конечно, возможны и другие критерии выбора решения. Например, можно максимизировать вероятность превышения некоторого заданного уровня эффекта, т.е.  $F(x) = P\{U(x, \xi) \geq u_0\} \rightarrow \max, x \in D$ ,

или минимизация ситуации «банкротства» в виде  $F(x) = 1 - P\{U(x, \xi) \geq u_0\} \rightarrow \min, x \in D$ .

Например, задачу оптимизации инвестиционного проектирования в дискретном случае можно представить в следующих трех вариантах [5]:

$$m_0 \rightarrow \max_{\{x_i\}}, \sigma_0^2 \rightarrow \min_{\{x_i\}}, \sum x_i = 1, x_i \geq 0;$$

$$m_0 \rightarrow \max, \sigma_0^2 \leq \sigma_*^2, \sum x_i = 1, x_i \geq 0;$$

$$m_0 \geq m_0^*, \sigma_0^2 \rightarrow \min, \sum x_i = 1, x_i \geq 0.$$

Решение этих задач осуществляются методом множителей Лагранжа или его модифицированным вариантом [100].

**Динамические модели в рискологии.** Предприятие, как и любая производственно-экономическая система (ПЭС), относится к сложным нелинейным динамическим, развивающимся, самоорганизующимся и открытым системам, для которых характерны, с одной стороны, структурная устойчивость, а с другой — ее потеря, разрушение одной структуры и появление другой устойчивой структуры. Причем процесс развития ПЭС можно представить как цепь циклов эволюционного изменения состояния внутри цикла со скачкообразным переходом в новое состояние в конце цикла. Проблема моделирования, прогнозирования и контроля скачкообразных процессов, основными из которых являются бифуркационные процессы и катастрофы (кризисные аттракторы), является актуальной.

Модели процессов ПЭС в экстремальных условиях и, в частности, в условиях переходной экономики, представляют собой нелинейные (или билинейные) многомерные динамические уравнения, зависящие от вектора наблюдаемых, контролируемых (управляемых) и неопределенных (в том числе стохастических и размытых)

параметров  $d$ :  $\frac{dx}{dt} = f(x, d_1, d_2, \xi)$  или в виде градиентной дина-

мической системы  $\frac{dx}{dt} = -gradV(x, d_1, d_2, \xi)$ , где  $x$  —  $n$ -мерный век-

тор состояния системы,  $d_1 \in D_1$ ,  $d_2 \in D_2$ ,  $D_1$  и  $D_2$  — множества неопределенных и нечетких переменных,  $V$  — потенциальная функция системы. По величинам компонент вектора параметров  $d$  можно определить зоны риска и катастроф. Поведение указанных систем можно определить парой вида:  $P = \langle \text{ФПС}, \text{ПП} \rangle$ , где ФПС — фазо-

вое пространство состояний, в котором исследуются фазовые портреты системы (динамику), а ПП – пространство параметров. В пространстве параметров нужно определить бифуркационные диаграммы, множество катастроф и ударные волны (т.е. границы странных аттракторов). Для реализации задачи требуется выполнение следующих процедур: анализ и обработка экономических временных рядов, идентификация (моделирование), определение множества катастроф и ударных волн, оценка и прогнозирование контрольных (адекватных) параметров и принятие экономических решений.

Данный класс динамических моделей является наиболее общим и адекватным современным экономическим процессам, изучаемым в рискологии, и может быть исследован с помощью интерактивной компьютерной системы с использованием средств и методов современных информационных технологий и проблемно-ориентированных программных пакетов. Программные оболочки таких систем являются основой создания автоматизированных рабочих мест экономиста-математика для исследований, принятия решений и управления в ПЭС разного уровня иерархии [3,61-78,101].

Степень сложности системы управления и принятия решений в рискологии зависит от уровня информационной определенности, а ее качество выше при учете смешанной неопределенности: стохастическая, множественная и нечеткая. Обобщенная модель исследуемого экономического или экологического процесса можно представить как  $F_0: UxW \rightarrow X$ , а модели наблюдения за факторами и показателями как:  $F\{C1\}: X \times V_x \rightarrow Y, F\{C2\}: C \times V_c \rightarrow \tilde{C}$ , где  $I_c = \{p(w), p(v_x), p(v_c)\}$  — информационное поле стохастической неопределенности;  $I_* = \{w \in W, v_x \in V_x, v_c \in V_c\}$  — информационное поле множественной неопределенности;  $I = \{\mu_{X_0}, \mu_{V_0}, \mu_{G^*}\}$  — нечеткое информационное поле. Смешанную информационную неопределенность теперь можно описать в виде кортежа:  $I_0 = \langle I_c, I_M, I_n \rangle$ . При этом единая база данных и знаний интегрированной системы управления состоит из совокупности 3-х баз всех уровней иерархии  $I = \langle B_0, B_1, B_2 \rangle$ . В качестве функций принадлежности  $\mu_{X_0}, \mu_{V_0}, \mu_{G^*}$  можно, в частности, принять “гауссовы” функции.

Следовательно, в данном случае задачу управления (принятия решения) можно свести к решению следующей задачи оптимальности:

$$u = \operatorname{Arg} \max_w M_w \{ \mu_d(x, w) \} = \operatorname{Arg} \max_{u \in U} M_w \{ \mu_{x_0}(F_0(u, w)) \times \mu_{v_0}(u) \cdot \mu_{G^*}(g) \}$$

при  $C \in C^*$ , где  $M$  — символ математического ожидания,  $U = [u, r + \varepsilon_{\text{ЛПР}}]$  — принятое решение ЛПР.

Рассмотрим теперь риск как векторный стохастический процесс  $e(t)$  (например, эффективность, левверидж [101], прибыль или затраты и т.п.) в динамике, который удовлетворяет линейному стохастическому дифференциальному уравнению вида:

$$\dot{e}(t) = F(t)e(t) + G(t)w(t) + u(t),$$

а наблюдения за ним — как векторный случайный процесс  $z(t)$  вида:

$$z(t) = H(t)e(t) + v(t).$$

Здесь  $w(t)$  и  $v(t)$  — случайные внешние возмущения (нормальные "белые шумы") с заданными вероятностными характеристиками [45, 110, 154], а  $u(t)$  — вектор управления риском  $e(t)$ . Предполагается, что матрицы  $F$ ,  $G$ ,  $H$ ,  $Q$  и  $R$  уже идентифицированы.

Пусть наблюдения  $\{z(s)\}$  ведутся на интервале  $0 \leq s \leq t$ . Требуется найти оценку вектора (риска)  $e(t)$  в виде  $y(t) = \int_0^t A(t, s)z(s)ds$  так,

чтобы минимизировать  $E[(e - y)^T(e - y)]$  при ограничениях  $E[y_i^2] \leq a_i^2(t)$ ,  $i = \overline{1, n}$ ,  $a_i^2(t)$  — заданные функции ограничений на риск. Метод решения данной задачи представлено в [3, 100].

**Оптимизация в теории рисков.** Рассмотрим некоторые подходы решения задач оптимизации в теории рисков при учете различного рода смешанных неопределенностей, присущих сложным процессам и системам.

В первую очередь речь идет о неопределенности целей, характеризующей наличием не одного, а сразу многих критериев. Это так называемая проблема многокритериальной оптимизация. Формально постановка задачи (2.43) в этом случае может быть сохранена. Однако теперь под  $f(x)$  следует понимать вектор - функции рисков с



компонентами  $f_1(x), f_2(x), \dots, f_m(x)$ , где  $m$  — общее количество критериев.

Второй тип неопределенности (называемый также природной неопределенностью) связан с неопределенностью задания самой целевой функцией. Имеется в виду случай выбора оптимального решения в условиях, когда целевая функция помимо искомого вектора  $x$  содержит также некоторые неопределенные параметры, характеризующиеся вектором  $\xi$  (вектором внутренней структуры или вектором влияния внешней среды), т.е.  $f = f(x, \xi)$ . Решая задачу минимизации функции  $f(x, \xi)$  по  $x$ , мы можем найти решение лишь в виде зависимости  $x(\xi)$ . Если при этом о векторе  $\xi$  нет никакой информации, то результат оптимизации, естественно, будет неопределенным. Но, как правило, информация о векторе  $\xi$  обычно имеется. Правда, она может носить различный характер. Часто такая информация задается в виде некоторого множества неопределенных факторов  $\Omega$  или в частном случае диапазонов их изменений. При этом считается, что  $\xi \in \Omega$  (т.е. множественная неопределенность). В общем случае такая информация также не позволяет получить однозначное решение задачи оптимизации, так как зависимость  $x(\xi)$  определяет лишь некоторое отображение множества неопределенных факторов  $\Omega$  на множество искомых параметров  $x$ . В результате можно получить так называемое множество неопределенности результата  $X_\xi \subseteq X$ . Построение множества неопределенности результата  $X_\xi$ , как правило, связано с большим объемом вычислений. Поэтому на практике часто используется подход, предполагающий вместо построения всего множества  $X_\xi$  отыскание лишь одной (гарантированной) оценки и получение соответствующего гарантирующего результата [3,96-99, 111,117,140]:

$$x^* = \underset{x \in X}{\operatorname{Arg\,min}} \max_{\xi \in \Omega} f(x, \xi). \quad (2.45)$$

Другими словами, в качестве оптимального решения задачи в данном случае принимается такое решение  $x^*$ , которое обращает в минимум наихудшее (наибольшее) по всем допустимым неопределенным факторам значение целевой функции (минимаксное решение).

Решение  $x$  является гарантирующим в том смысле, что, каковы бы ни были значения неопределенных параметров  $\xi$ , выбор  $x = x^*$  согласно (2.45) гарантирует, что при любом  $\xi$  значение целевой функции будет не больше, чем величина

$$f^* = \arg \min_{x \in X} \max_{\xi \in \Omega} f(x, \xi), \quad (2.46)$$

называемая поэтому гарантированной оценкой. Действительно, для любого  $x \in X$  справедливо неравенство:  $\max_{\xi \in \Omega} f(x, \xi) \geq f(x, \xi)$ . По-

этому при  $x = x^*$  получаем  $\max_{\xi \in \Omega} f(x^*, \xi) = \min_{x \in X} \max_{\xi \in \Omega} f(x, \xi) = f^* \geq f(x^*, \xi)$ .

Основной недостаток данного подхода заключается в том, что гарантированная оценка, как правило, оказывается достаточно "пессимистической". В определенном смысле она является перестраховочной, так как соответствует решению при самом неблагоприятном в смысле значений целевой функции сочетании неопределенных факторов  $\xi$ .

Гарантированную оценку можно улучшить, если использовать дополнительную информацию о неопределенных факторах. В частности, если оказывается возможным к моменту реализации оптимального решения измерить (узнать) вектор  $\xi$ , то само оптимальное управление следует искать в виде зависимости  $x(\xi)$  из условия

$$x(\xi) = \arg \min_{x \in X} f(x, \xi). \quad (2.47)$$

Новая гарантированная оценка целевой функции при этом будет иметь следующий вид:

$$\tilde{f}^* = \max_{\xi \in \Omega} \min_{x \in X} f(x, \xi). \quad (2.48)$$

Так как в общем случае имеет место неравенство

$$\max_{\xi \in \Omega} \min_{x \in X} f(x, \xi) \leq \min_{x \in X} \max_{\xi \in \Omega} f(x, \xi), \text{ т.е. } \tilde{f}^* \leq f^*,$$

(а речь идет о минимизации целевой функции по  $x$ ), то оценку  $\tilde{f}^*$  следует признать более совершенной. Получение такой оценки обусловлено знанием неопределенных факторов в момент принятия решения.

С математической точки зрения, как видно, получение гарантированной оценки сводится к решению минимаксной/максиминой задачи оптимизации.

Гарантированная оценка  $f^*$  может быть также улучшена, если о неопределенных факторах известна какая-либо статистическая (пусть даже неполная) информация. Сначала предположим, что  $\xi$  — полностью случайный вектор с заданными статистическими характеристиками (законом распределения или функцией распределения). В этом случае исходная целевая функция  $f(x, \xi)$  будет случайной величиной и вопрос о получении гарантированной оценки можно ставить и решать лишь в вероятностном смысле. В частности, можно потребовать, чтобы вероятность не превышения целевой функцией  $f(x, \xi)$  своего некоторого заданного уровня  $f_0$  была не менее некоторой заданной величины  $\alpha$ , т.е.:

$$P\{f(x, \xi) \leq f_0\} \geq \alpha. \quad (2.49)$$

Очевидно, что для каждого фиксированного вектора  $x \in X$  можно найти свой наименьший уровень  $f_0$ , называемый квантилем, при котором вероятность еще будет выполнена:

$$f_\alpha(x) = \min[f_0 : P\{f(x, \xi) \leq f_0\} \geq \alpha]. \quad (2.50)$$

Поэтому задача оптимизации, связанная с выбором гарантирующего решения, может быть сформулирована теперь как задача поиска такого вектора  $x^*$ , который обращает в минимум квантиль  $f_\alpha(x)$ :

$$x^* = \arg \min_{x \in X} f_\alpha(x). \quad (2.51)$$

По сути задача сводится к поиску вектора  $x^*$ , который обращает в минимум нижний уровень  $f_0$  целевой функции  $f(x, \xi)$  при условии, что не превышение этого уровня гарантируется с вероятностью не менее чем  $\alpha$ . Сама гарантированная (теперь по вероятности) оценка целевой функции будет:

$$f^* = \arg \min_{x \in X} \max_{\xi' \in \Omega'} f_\alpha(x, \xi'). \quad (2.52)$$

Обратим внимание на тот факт, что сформулированная задача относится к классу так называемых стохастических задач оптимизации с вероятностными ограничениями.

Мы рассмотрели случай, когда  $\xi$  является полностью случайным вектором с заданными статистическими характеристиками. Однако,

как правило, либо сами статистические характеристики являются неопределенными, либо наряду с полностью случайными параметрами присутствуют также и неопределенные параметры, для которых известно лишь множество неопределенности (т.е. диапазон изменения). В обоих случаях возникающая дополнительная неопределенность может быть охарактеризована дополнительным вектором неопределенных параметров  $\xi' \in \Omega'$ . Формируя в этом случае задачу оптимизации с целью отыскания гарантирующего решения, мы приходим к минимаксно - стохастической постановке:

$$x^* = \arg \min_{x \in X} \max_{\xi' \in \Omega'} f_{\alpha}(x, \xi'), \quad (2.53)$$

где через  $f_{\alpha}(x, \xi')$  по-прежнему обозначен квантиль целевой функции, который теперь зависит также от дополнительных неопределенных факторов  $\xi'$ .

Таким образом, задача (2.53) как бы обобщает задачи (2.46) и (2.51). Решение задачи (2.53) реализует принцип наилучшего гарантированного результата, с одной стороны, по вероятности, сопутствующей всем случайным факторам, а с другой — по всем неопределенным факторам. Получаемая при этом гарантированная оценка целевой функции будет:

$$f^* = \arg \min_{x \in X} \max_{\xi' \in \Omega'} f_{\alpha}(x, \xi'). \quad (2.54)$$

Так как методы решения стохастических задач оптимизации в вероятностной постановке достаточно сложны в реализации, часто в практике используются более простые статистические характеристики целевой функции. Простейшей такой характеристикой является математическое ожидание, т.е.  $\bar{f}(x) = M[f(x, \xi)]$ . Здесь символ  $M$  обозначает операцию статистического осреднения по совокупности всех случайных факторов  $\xi$ . Постановка задачи оптимизации в этом случае принимает вид:

$$x^* = \arg \min_{x \in X} M[f(x, \xi)]. \quad (2.55)$$

При этом следует иметь в виду, что использование математического ожидания в качестве новой целевой (вторичной) функции обеспечит оптимальность искомому решению лишь в среднем, по совокупности всех реализаций. В отдельных же реализациях это решение может оказаться просто неприемлемым. Учитывая это и

стремясь контролировать не только среднее значение исходной целевой функции, но и возможные ее отклонения от этого значения, часто рассматривают ее дополнительные статистические характеристики, например дисперсию:

$$\bar{f}_{don}(x) = M \left[ f(x, \xi) - \bar{f}(x) \right]^2,$$

вводя последнее выражение либо в число дополнительных ограничений, либо в число дополнительных целевых функций.

Из сказанного следует, что при наличии случайных факторов в исходной задаче можно предложить различные постановки задач оптимизации в терминах новых вторичных целевых функций. Таким образом, постановка окончательной стохастической задачи оптимизации является неформальным актом.

Нетрудно заметить, что использование отдельных статистических характеристик в окончательной постановке задачи оптимизации не может гарантировать (в вероятностном смысле) приемлемого результата во всех реализациях. Это становится возможным, если в самой постановке стохастической задачи потребовать выполнение исходных ограничений, в том числе и не превышение целевой функцией своего наименьшего значения, по вероятности. Тем не менее, использование отдельных статистических характеристик в качестве вспомогательных (вторичных) целевых функций находит широкое применение при получении приближенных решений.

Заметим, что традиционные методы оценки и управления рисками, базирующиеся на теории вероятности или на основе сценарного подхода, с методологической точки зрения, недостаточно адекватны, а с практической — требуют большого объема компьютерных вычислений. Поэтому важно использовать для решения данной проблемы также подходы нечеткой математики. Использование нечеткой математики представляется иногда более адекватным и удобным с вычислительной точки зрения.

Выводы и перспективы. Предложен подход для решения проблемы описания и оценивания рисков в динамике для нелинейных эколого - экономических процессов переходной экономики, а также оптимизации и управления в условиях смешанной информационной неопределенности. Результаты данной работы можно расширить для случая нечеткой исходной информации. Рассмотренный выше подход можно обобщить также для случая ограничений для выражения  $E[\dot{y}\dot{y}^T]$

В заключение отметим, что актуальными и перспективными направлениями исследований в современной теории рисков являются также следующие вопросы: анализ рисков как динамический процесс и его прогноз; динамическая рискология (т.е. учет динамики в теории рисков); адаптивная рискология; моделирование и управление рисками в условиях смешанной неопределенности; методы стохастического и гарантированного оценивания риска; оптимизация управления рисками; нейросетевое моделирование и генетические алгоритмы в рискологии; нечеткое моделирование в рискологии; нелинейные модели в рискологии; интеллектуализация принятия решений в условиях рисков; оценка рисков для распределенных параметров (т.е. для случайных полей) и др.

# **ГЛАВА 3. ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ (ЭММ) И АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЕМ**

## **3.1. Интеллектуальное управление предприятием в условиях смешанной неопределенности**

Степень сложности системы управления и принятия решений зависит от уровня информационной определенности, а ее качество выше при учете смешанной информационной неопределенности: стохастической ( $I_C$ ), множественной ( $I_M$ ) и нечеткой ( $I_H$ ).

Пусть структура системы экологического управления в случае смешанной информационной неопределенности представлена в виде рис. 3.1.

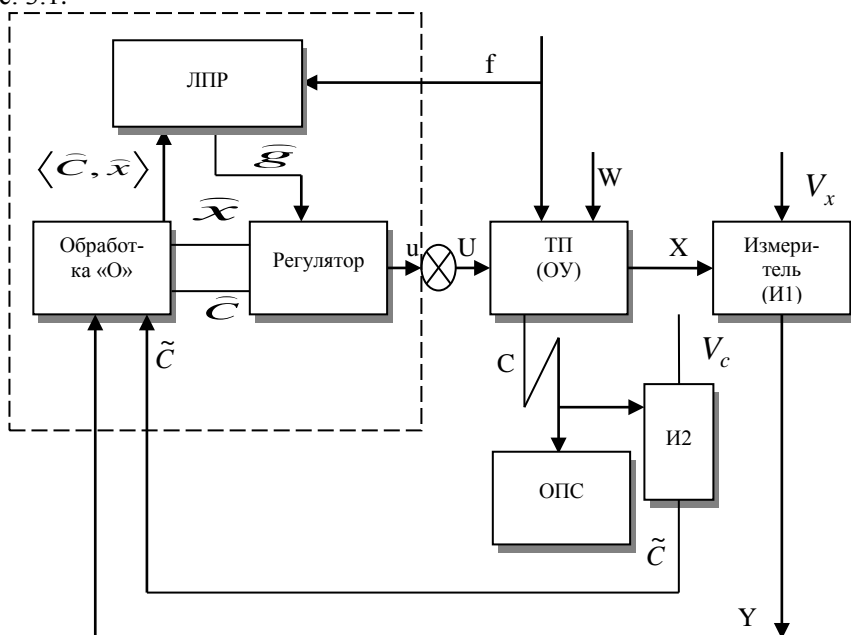


Рис. 3.1. Структура системы экологического управления в условиях смешанной информационной неопределенности

Тогда модель ТП (ОУ) можно представить как  $F_0: U \times W \rightarrow X$ , измерительных каналов в виде:

$$F\{C1\}: X \times V_X \rightarrow Y, F\{C2\}: C \times V_C \rightarrow \tilde{C},$$

где  $X$  – пространство состояний,  $Y$  – пространство выходных переменных ТП,  $U$  – множество всех допустимых управлений,  $C, \tilde{C}$  – множества выбросов и их измерений соответственно,  $W, V_X, V_C$  – соответствующие множества возмущений и помех измерений, причем  $I_c = \{p(w), p(v_x), p(v_c)\}$  – информационное поле стохастической неопределенности;  $I_* = \{w \in W, v_x \in V_x, v_c \in V_c\}$  – информационное поле множественной неопределенности;  $I = \{\mu_{X_0}, \mu_{U_0}, \mu_{G^*}\}$  – нечеткое информационное поле. Смешанную информационную неопределенность теперь можно описать в виде кортежа:  $I_0 = \langle I_C, I_M, I_n \rangle$ . При этом единая база данных и знаний ИАСУ ОФ состоит из объединения 3-х баз ( $B_0, B_1, B_2$ ) всех уровней иерархии  $I = \langle B_0, B_1, B_2 \rangle$ , с учетом возможной информационной неопределенности.

Заметим, что на рис. 3.1  $g \in G^*$ ,  $G^*$  – множество возможных и нечетких заданий,  $X \supset X_0$  – нечеткое множество цели,  $U \supset U_0$  – нечеткое множество ограничений на управляющий вектор, а  $C \subset C^*$  – множество параметров ПДВ.

В качестве функций принадлежности  $\mu_{X_0}, \mu_{U_0}, \mu_{G^*}$  и др. здесь приняты функции со свойствами "гауссовости", т.е. функции вида:

$$\mu_{\Omega}(\varpi) = \exp(-\varpi^T R \varpi), \quad \mu_{\Omega}(0) = 1, \quad \lim_{\|\varpi\| \rightarrow 0} \mu_{\Omega}(\varpi) = 0.$$

Таким образом, в условиях смешанной неопределенности задача экологического управления и принятия решения сводится к решению следующей задачи оптимальности:

$$u = \arg \max M_w \{\mu_d(x, w)\} \equiv \arg \max_{u \in U} M_w \{\mu_{X_0}(F_0(u, w)) \cdot \mu_{U_0}(u) \cdot \mu_{G^*}(g)\}$$

при  $C \in C^*$ .

Здесь  $M_w$  – символ математического ожидания (усреднения), а  $*$  – символ композиции (слияния).

На рис. 3.1 также приняты обозначения:  $U = [u, r + \varepsilon_{\text{ЛПР}}]$  – принятое решение ЛПР, где  $r$  – уточнение управления  $u$ ,  $\varepsilon_{\text{ЛПР}}$  – ошибка



ЛПР;  $\hat{x}$  и  $\hat{C}$  - оценки, полученные после блока обработки "О",  $f$  - контролируемое ЛПР воздействие на ТП. В данном пункте рассмотрены наиболее приемлемые варианты экологического моделирования и управления ТП при нечеткой информационной обстановке.

**Логико-лингвистическое описание.** Рассмотрим описание функционирования некоторого сложного объекта (технологического процесса ОФ) в нечеткой обстановке [2,3].

Пусть имеются множества информативных входных параметров  $X = \{X_1, X_2, \dots, X_m\}$  (т.е. множество входных лингвистических переменных (ЛП)  $\{X_j\}$ ) и множества выходных параметров  $Y = \{Y_1, Y_2, \dots, Y_n\}$  (т.е. множество ЛП  $\{Y_k\}$ ) объекта, причем  $\forall X_j, j \in J = (1, 2, \dots, m)$  определено терм-множество  $A_j = \{a_{1j}, a_{2j}, \dots, a_{pj}\}$ ,  $j \in J$  и  $\forall Y_k, k \in K = (1, 2, \dots, n)$  определено терм-множество  $B_k = \{b_{1k}, b_{2k}, \dots, b_{qk}\}$ . Для каждого значения (терма)  $a_{ij} \in A_j$  соответствует нечеткое подмножество  $\tilde{A}_{ij}$  со своей функцией принадлежности (ФП)  $\mu_{\tilde{A}_{ij}}(X) \in \mathbf{F}(X_j)$ , а  $\forall b_{ik} \in B_k$  - нечеткое подмножество  $\tilde{B}_{ik}$ , где  $\mathbf{F}(X_j)$  и  $\mathbf{F}(Y_k)$  - класс (алгебра) нечетких множеств, определенных на базовых множествах  $X_j$  и  $Y_k$  [6, 7, 18, 20 - 27].

Если рассматривается технологический процесс углеобогащения, то, например,  $X_j$  - это величина зольности исходного угля (ЗИУ),  $A_j = \{\text{сверхбольшая, большая, средняя, малая, очень малая}\}$ ,  $X_j = 10 \dots 90(\%)$ , т.е.  $a_{1j} = \text{"сверхбольшая"}$ ,  $a_{2j} = \text{"большая"}$  и т.д.

Качественное описание ТП в терминах значений ЛП типа:

Если  $a_{11}, \dots, a_{1m}$ , ТО  $b_{11}, \dots, b_{1n}$  ИНАЧЕ,

.....

Если  $a_{p1}, \dots, a_{pm}$ , ТО  $b_{q1}, \dots, b_{qn}$  ИНАЧЕ

называют схемой нечетких рассуждений.

Например, одно из правил имеет вид:

ЕСЛИ ЗИУ = <очень малая>, ТО зольность концентрата = <не-высока>.

Обозначим через  $A = A_1 \times A_2 \times \dots \times A_m$ , и  $B = B_1 \times B_2 \times \dots \times B_n$ , т.е.  $A$  и  $B$  – множества соответствующих упорядоченных наборов терм-множеств.

Тогда поведение объекта (ТП) характеризуется отображением  $F: A \rightarrow B$  (на языке терм-множеств), или некоторое отображение  $\tilde{F}: \mathbf{F}(X_1 \times X_2 \times \dots \times X_m) \rightarrow \mathbf{F}(Y_1 \times \dots \times Y_n)$ , которое может быть получено как нечеткое соответствие для всех:

$$\mu_{\tilde{A}_{ij}}(X) \in \mathbf{F}(X_j), \mu_{\tilde{B}_i}(Y) \in \mathbf{F}(Y_k), \tilde{F} \in U(\mu_{\tilde{A}_{ij}} \times \mu_{\tilde{B}_i})$$

где  $\mu_{\tilde{A}_i} = \bigvee_{j \in J} \mu_{\tilde{A}_{ij}}$ ,  $\mu_{\tilde{B}_i} = \bigvee_{k \in K} \mu_{\tilde{B}_{ik}}$

Если теперь определить нечеткое отношение  $R = \{\mu_R(x, y) | (x, y) \in X \times Y\}$ , то для определения некоторого выходного параметра  $B_i$  ТП нужно определить композицию нечеткого подмножества  $A_i$ , действующего на входе ТП, и отношение  $R$ , т.е.  $\mu_{\tilde{B}_i}(Y) = \mu_{\tilde{A}_i}(X) \circ R(X, Y)$ . Например, на языке "И-ИЛИ" имеем:

$$\mu_{\tilde{B}_i}(Y) = \bigvee_{x \in X} \{\mu_{\tilde{A}_i}(X) \wedge \mu_R(X, Y)\} = \max_{x \in X} \min \{\mu_{\tilde{A}_i}(X), \mu_R(X, Y)\}.$$

Это и есть алгоритм нечеткого вывода в данном случае.

**Общий алгоритм нечеткого моделирования.** Алгоритм нечеткого моделирования технологического процесса можно представить в виде:

1. Выделение основных технологических (системных) параметров: входных ( $x$ ), управляющих ( $u$ ), выходных ( $y$ ), возмущающих ( $w$ ).
2. Определение (формирование) лингвистических переменных (ЛП), т.е. их наименования, терм-множества и носителей соответствующих термам нечетких множеств (НМ), а также их универсальные множества для основных технологических параметров:

Наименование ЛП для параметра ТП	Термы	Носитель соотв. НМ	Универсум
Зольность концентрата	Низкая	[                      ]	[                      ]
	Средняя	[                      ]	
	Высокая	[                      ]	
...	...	...	...

$$A \xrightarrow{\quad\quad\quad} T_i^A$$

3. Формирование базы правил (продукций):

$$(j) \text{ ЕСЛИ } \underbrace{A = T_i^A}_{\text{antec}_i}, \text{ ТО } \underbrace{B = T_k^B}_{\text{conveg}_k},$$

где  $j$  – номер продукции, причем каждой продукции можно приписать кортеж,  $(j, \text{СИ}, \langle \text{автор} \rangle, \langle \text{дата} \rangle, \langle \text{объяснение} \rangle)$ ;

где СИ – степень истинности правила:  $\text{СИ} \in [0,1]$ ;  $\langle \text{автор} \rangle$  – идентификатор эксперта - автора правила;  $\langle \text{дата} \rangle$  – дата ввода правила в БЗ;  $\langle \text{объяснение} \rangle$  – текст авторского объяснения правила.

Заметим, что  $\text{antec}_i \triangleq A_{i1} \wedge A_{i2} \wedge \dots \wedge A_{ip}$ ,  $\text{conveg}_k \triangleq B_{k1} \wedge B_{k2} \wedge \dots \wedge B_{kq}$ .

4. Формирование матрицы нечетких отношений:

$$R_S = \int_{A \times B} \mu_{R_S}(a, b) (a, b), S = \overline{1, n}.$$

5. Объединение этих матриц:

$$R = \bigcup_{S=1}^n R_S,$$

где  $\mu_R(a, b) = \max(\mu_{R_1}, \dots, \mu_{R_n})$ .

6. Организация логического вывода (ЛВ) по некоторой схеме, например, по правилу *modus ponens*, т.е. композиционное правило Л. Заде [24-28, 37-40].

Отметим, что хотя существуют и другие правила композиции [24,25,40], данный вариант является наиболее удобным в применении и реализации.

**Система интеллектуального управления.** Объекты и процессы в углеобогачительной технологии относятся к сложным производственно-транспортным системам, которым характерны нестационарности, нелинейности, многосвязности, существенные запаздывания в потоках и неопределенности в условиях принятия различных решений.

Рассмотрим в качестве примера построение и использование интеллектуальной системы управления процессом флотации, который определяется следующими параметрами:

- возмущающие параметры – качественные показатели сырья;
- управляющие параметры – режимные параметры, расход сырья и реагентов;

- оцениваемые (выходные) переменные – выход и качество выходного товарного продукта;
- экологические параметры.

Целью управления процессом флотации является: при заданных возмущениях необходимо определить такие значения управляющих переменных, которые обеспечат желаемые значения выхода товарного продукта, его качества при минимальных значениях выбросов-загрязнителей в ОС.

В настоящее время процесс флотации частично автоматизирован: на нижнем уровне осуществляется автоматическое управление подачей реагентов собирателя и пенообразователя на входе во флотомашины (ФМ) и иногда автоматическая стабилизация уровней в ваннах ФМ.

В функции оператора ФМ входит пуск, останов процесса, диагностика состояния, контроль качества работы и др. Для автоматизации указанных функций предпочтительнее использование экспертной системы с нечеткой базой знаний (НЭС). НЭС осуществляет преобразование входной информации в выходную по алгоритму:  $Y = L\{U, F, X\}$ , где  $Y = \{Y_H, Y_B\}$  – вектор выходных сигналов ( $Y_H, Y_B$  – соответственно векторы выходных сигналов, доступных измерению и воспринимаемых органами чувств человека);  $U = \{U_p, U_y, U_k, U_0\}$  – вектор управляющих воздействий ( $U_p, U_y, U_k, U_0$ ) – соответственно векторы управления, генерируемые человеком, для регулирования процесса, дискретного управления и коррекции сигнала управления регулятора, а также вектор управления, генерируемый системой автоматического управления;  $F = \{F_H, F_B\}$  – вектор возмущающих воздействий с компонентами:  $F_H$  – вектор, измеряемый датчиками, и  $F_B$  – воспринимаемый органами чувств человека;  $X = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$  – вектор состояния объекта управления.

На рис. 3.2 приведена схема данной гибридной НЭС, в которой общее управление осуществляется при помощи репродуктивно - преобразующей машины, а управление качеством – при помощи автоматических регуляторов и ЭС, построенной на основе нечетких множеств.

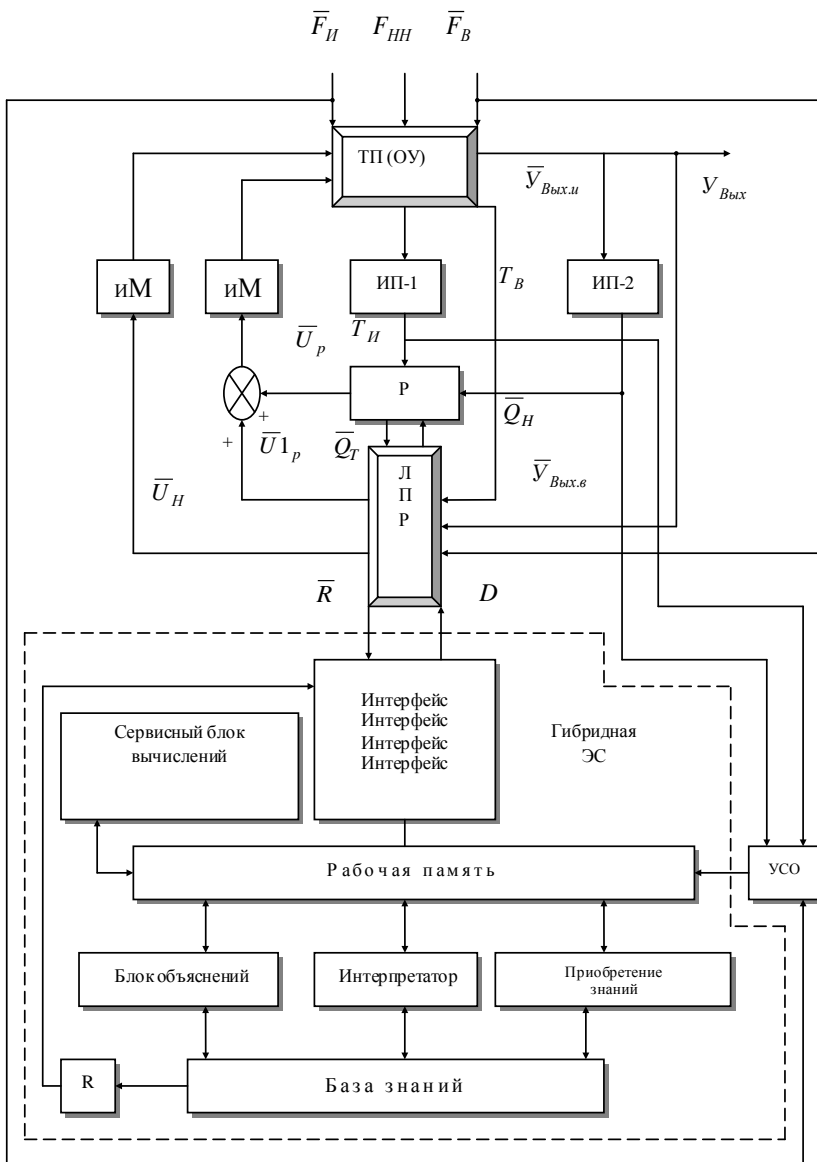


Рис. 3.2. Гибридная экспертная система управления и ПП

Обозначения:  $P_{\text{и}}$  – измеряемый вектор шума;  $P_{\text{в}}$  – воспринимаемый человеком (Ч) вектор шума;  $F_{\text{нн}}$  – неизмеряемый и невоспринимаемый вектор шума;  $T_{\text{и}}$  – множество измеряемых векторов состояния ОУ (составляющие векторов являются признаками производственных ситуаций);  $T_{\text{в}}$  – множество воспринимаемых Ч векторов состояний ОУ;  $D$  – вектор данных о состоянии ОУ, передаваемых человеком ЭС;  $R$  – вектор рекомендаций, генерируемый ЭС;  $U_{\text{вых}}$  – множество векторов выхода ОУ, причем  $U_{\text{вых.и}}$  – измеряемый датчиками вектор, а  $U_{\text{вых.в}}$  – воспринимаемый человеком вектор данных;  $Q_{\text{т}}$  – вектор текущих значений параметров регулятора;  $Q_{\text{н}}$  – вектор коррекции параметров регулятора, задаваемых Ч;  $U_{\text{р}}$  – вектор управляющих воздействий, генерируемый регулятором;  $U_{1\text{р}}$  – вектор аддитивных коррекций управляющего воздействия, генерируемого регулятором;  $U_{\text{ч}}$  – вектор управляющих воздействий, генерируемых Ч; УСО – устройства связи с ОУ;  $R$  – вывод (решение).

При разработке НЭС управления процессом флотации в целом необходимо учесть следующие требования:

1. Соблюдение принципов поведения живого организма, в частности:

1.1. Обеспечивать распараллеливание информационных потоков.

1.2. Компенсировать изменение параметров внешней и внутренней сред.

1.3. Осуществлять контроль параметров объекта человеком и средствами автоматики и контроль технических средств человеком.

1.4. Обеспечивать адаптацию управляющей части ЭС к изменению параметров внешней и внутренней сред и самой системы.

2. Обеспечение структурно-функциональной организации ЭС:

2.1. Блочную организацию ЭС.

2.2. Приоритет лица, принимающего решение (ЛПР) в управлении.

2.3. Формирование управляющего воздействия, адекватного возмущению.

2.4. Максимальная автоматизация функций управления, минимизация времени общения человека с ЭВМ, повышение качества управления.

3. Возможность реализации системы:

3.1. Грубость функциональных свойств (настройки параметров и построение базы знаний).

3.2. Адекватность функциональных свойств оператора и ЭВМ, а также критериев оценки операторской деятельности и ЭС.

3.3. Подготовка человека к операторской деятельности.

При построении ЭС процесса флотации в целом использован следующий подход. ЭС имеет базу знаний (БЗ), хранящей множество продукций о процессе (рис. 3.2). Блок приобретения знаний объединяет вновь вводимые продукции с уже существующей БЗ. Лингвистический процессор преобразует входные данные, представленные на ограниченном естественном языке, в представление на внутреннем языке системы; преобразует сообщения системы, выраженные на внутреннем языке, в сообщения на ограниченном естественном языке.

Интерпретатор на основе входных данных формирует решение задачи. Объяснительный блок сообщает:

- 1) как правило, используют информацию ЛПР;
- 2) почему использовались (не использовались) данные правила;
- 3) какие были сделаны выводы. Все объяснения даются на ограниченном естественном языке. Рабочая память хранит данные о ходе процесса. ЭВМ обеспечивает дружественный интерфейс между человеком - оператором и множеством информации о ходе процесса флотации в чистом виде. Интерфейс (компонента взаимодействия, логический процессор) реализует также взаимодействие между человеком и базой знаний.

Если оператор процесса хочет воспользоваться знаниями, заключенными в ЭС, то он передает необходимую для построения решающего правила информацию.

Продукционная БЗ ЭС представляется как тройка  $\langle A, \Pi, Q \rangle$ , где  $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$  – множество фактов;  $\Pi = \{p_1, p_2, \dots, p_m\}$  – множество правил;  $Q = \{q_1, q_2, \dots, q_k\}$  – множество запросов к пользователю.

База правил (БП) состоит из конечного набора правил вида:

$$p_j : a_i \wedge a_k \wedge \dots \wedge a_l \rightarrow a_z; \quad j = \overline{0, n}; i = \overline{0, m}; l = \overline{0, g}; z = \overline{0, h};$$

Запрос представляет собой обращение к фактам:

$$q_j = \{a_i, a_k, \dots, a_l, \dots\} i, k, l, j = \overline{0, 1}, \dots$$

Фрагмент набора правил приведен в табл. 3.1.

Рассмотрим проблему управления процессом флотации как динамическим объектом. Функциональная схема этого процесса как объекта управления приведена на рис. 3.2.

Т а б л и ц а 3.1

## Информация для формирования производственных правил НБЗ

N п/п	ЕСЛИ...		ТО...	Аналитическое выражение
	Факты	Причина	Выражение	
1	2	3	4	5
1	В отходах появляется значительное количество частиц угля нефлотационной крупности ( $a_1$ )	Вследствие неполадок в системе классификации угля перед флотацией ( $a_2$ )	Улучшить работу классификационной системы ( $a_3$ )	$p1: a_1^* a_2 \rightarrow a_3$
2	Появляется обильная пена во всех ячейках вплоть до последней, переполняющая пеногаситель и попадающая в отходы ( $a_4$ ); пена последних ячеек имеет обычно серо-желтый цвет от налипших на нее частиц глины, перита и сланца ( $a_5$ )	Передозировка реагента вспенивателя ( $a_6$ )	Резко уменьшить расход реагента вспенивателя, увеличить выход промпродукта (если есть схема) перечистки и уменьшить выход концентрата; после исчезновения обильной пены в хвостовых ячейках процесс можно стабилизировать нормальной подачей реагентов ( $a_7$ )	$p2: a_4^* a_5^* a_6 \rightarrow a_7$
3	То же по п.2	Повышение содержания тонких классов в питании ( $a_8$ )	Проверить реагентный режим и держать его строго по режимной карточке ( $a_9$ )	$p3: a_4^* a_5^* a_8 \rightarrow a_9$
4	То же по п.2 ( $a_4$ , $a_5$ ), также нефтяной (радужный) налет на пене ( $a_{10}$ )	Иногда зимой в уголь при транспортировке добавляют креозот, чтобы он не смерзлся ( $a_{10}$ ); само попавшее масло (креозот) служит вспенивателем ( $a_{11}$ )	Уменьшить дозировку реагента вспенивателя ( $a_{12}$ )	$p4: a_4^* a_5^* a_{10}^* a_{11} \rightarrow a_{12}$



Продолжение таблицы 3.2

5	Недостаток либо полное отсутствие пены на поверхности ( $a_{13}$ ); исчезающая минерализованной пены в первых ячейках машины (процесс передвинулся в хвостовые ячейки) ( $a_{14}$ )	Недостаточная концентрация реагентов в аппарате кондиционирования пульпы (АКП) ( $a_{15}$ )	Восстановить подачу реагентов в АКП по режимной карте ( $a_{16}$ )	$p_5: a_{13} \wedge a_{14} \wedge a_{15} \rightarrow a_{16}$
6	То же по п.5 ( $a_{13}, a_{14}$ )	Недостаточное время контакта пульпы с реагентами (из-за перегрузки отделения, АКП пульпой) и времени пребывания пульпы в машине ( $a_{17}$ )	Уменьшить нагрузку АКП по пульпе ( $a_{18}$ )	$p_6: a_{13} \wedge a_{14} \wedge a_{17} \rightarrow a_{18}$
28	То же по п.26 ( $a_{69}$ )	То же по п.26 ( $a_{70}$ ). При наличии механизма регулировки по высоте пеноснимателя ( $a_{79}$ )	Воспользоваться регулировкой по высоте пеноснимателя, если она целесообразна при сложившейся ситуации ( $a_{73}$ )	$p_{28}: a_{69} \wedge a_{70} \wedge a_{79} \rightarrow a_{73}$
29	То же по п.16 ( $a_{44}$ )	Перегрузка машины по жидкой фазе ( $a_{44}$ )	Довести содержание твердого в пульпе до нормы ( $a_{45}$ )	$p_{29}: a_{44} \rightarrow a_{45}$
30	Потемнение отходов ( $a_{20}$ )	Увеличение содержания твердого в питании ( $a_{75}$ ) (нарушение технологии процесса)	Увеличить объем воды или фильтрата, подаваемых для разбавления питания, снизить содержание твердого в сгущенном продукте сгустителя ( $a_{76}$ )	$p_{30}: a_{20} \wedge a_{75} \rightarrow a_{76}$
41	То же по п.30 ( $a_{20}$ ), по п.19( $a_{51}$ )	То же по п.19( $a_{52}$ )	То же по п.19 ( $a_{55}$ )	$p_{41}: a_{20} \wedge a_{51} \wedge a_{52} \rightarrow a_{55}$

Продолжение таблицы 3.2

42	То же по п.41 ( $a_{20}, a_{51}$ )	То же по п.20( $a_{56}$ )	То же по п.20 ( $a_{57}$ )	$p_{42}: a_{20}^{a_{51}} a_{51}^{a_{56}} \rightarrow a_{57}$
43	То же по п.42 ( $a_{20}, a_{51}$ ), по п.21 ( $a_{53}$ )	То же по п.21( $a_{58}$ )	То же по п.21 ( $a_{59}$ )	$p_{43}: a_{20}^{a_{51}} a_{51}^{a_{53}} a_{53}^{a_{58}} \rightarrow a_{59}$
44	То же по п.30 ( $a_{20}$ ), по п.22( $a_{60}$ )	То же по п.22( $a_{61}$ )	То же по п.22 ( $a_{62}$ )	$p_{44}: a_{20}^{a_{60}} a_{60}^{a_{61}} \rightarrow a_{62}$
45	То же по п.44 ( $a_{20}, a_{60}$ )	То же по п.23( $a_{44}$ )	То же по п.23 ( $a_{45}$ )	$p_{45}: a_{20}^{a_{60}} a_{60}^{a_{44}} \rightarrow a_{45}$

В настоящее время в процессе флотации автоматизированы лишь функции подачи реагентов, а остальные выполняются вручную. Исследованиями установлено, что процесс флотации не может быть описан детерминированной моделью, поэтому целесообразно использовать модель, основанную на теории нечетких множеств, позволяющих синтезировать интеллектуальную систему управления.

Целью управления процессом флотации является поддержание зольности концентрата на заданном уровне  $A_k^d = A_k^{d*} \pm \Delta A_k^d$ , где  $A_k^{d*}, \Delta A_k^d$  – соответственно заданная зольность флотоконцентрата и допустимое отклонение от задания и зольность отходов на уровне не ниже заданного  $A_0^d \geq A_0^{d*}$ , где  $A_0^{d*}$  – заданная зольность отходов.

В общем виде зольность концентрата  $A_k^d$  и зольность отходов  $A_0^d$  являются нечеткими функциями многих переменных:

$$\begin{aligned} A_k^d &= f_1(Q, \rho, q_n^*, q_C^*, q_n^{**}, q_C^{**}, A_C^d, H, \alpha, \gamma); \\ A_0^d &= f_2(Q, \rho, q_n^*, q_C^*, q_n^{**}, q_C^{**}, A_C^d, H, \alpha, \gamma), \end{aligned}$$

где  $\alpha, \gamma$  – соответственно гранулометрический и фракционный состав твердой фазы исходного питания. Остальные обозначения приведены на рис. 3.3.

Поскольку  $A_H^d, \alpha, \gamma$  имеют вероятностный нестационарный характер, приведенные зависимости не могут описываться детерминированными функциями. Кроме того,  $A_0^d$  и  $A_k^d$  коррелированы между собой.

Для регулирования расходов реагентов используются простые П или ПИ-регуляторы, задания которым ставятся оператором. Динамические свойства процесса флотации по каналам  $q_n \rightarrow A_k^d, q_C \rightarrow A_k^d, q_n \rightarrow A_0^d, q_C \rightarrow A_0^d$  аппроксимируются аперiodическими звеньями первого или второго порядка с чистым запаздыванием, коэффициенты усиления изменяются случайным образом в зависимости от свойств обогащаемого угля, а постоянное запаздывание по каналам  $q_n \rightarrow A_k^d$  и  $q_C \rightarrow A_k^d$  достигает нескольких десятков минут, поскольку измерение зольности концентрата возможно лишь после его обезвоживания.

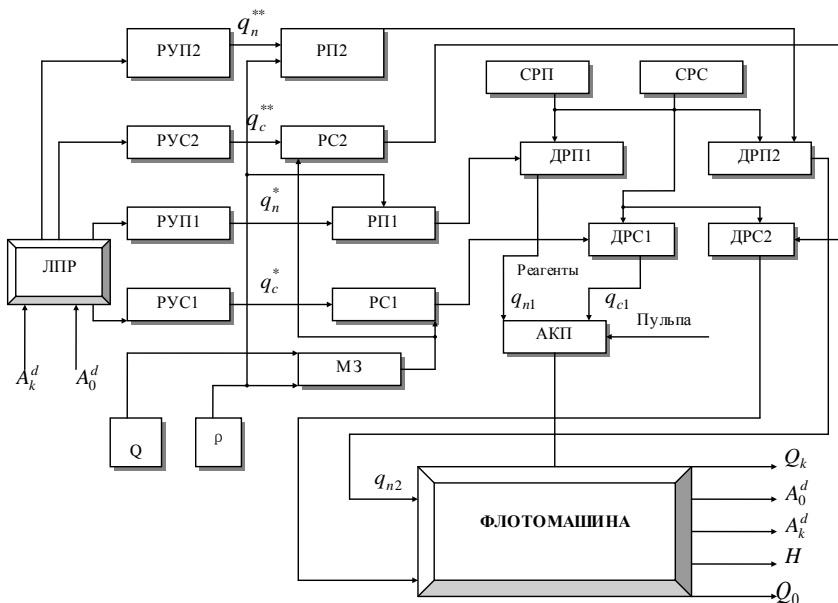


Рис. 3.3. Функциональная схема процесса флотации как ОУ:

Обозначения: СРП, СРС – сборники реагентов пенообразователя и собирателя; ДРП1, ДРС1 – дозаторы реагентов в голову процесса; ДРП2, ДРС2 – то же в камеры процесса; РП1, РС1 – регуляторы подачи реагентов в начало процесса; РП2, РС2 – то же в камеры флотомашин; РУП1, РУС1 – регулирующие устройства задатчиков удельных расходов реагентов, подаваемых в голову процесса; РУП2, РУС2 – то же в камеры процесса; МЗ – множительное звено; АКП – аппарат кондиционирования пульпы;  $q_{n1}$ ,  $q_{c1}$  – расходы реагентов пенообразователя и собирателя, подаваемых в АКП;  $A_{\text{ш}}^d, A_{\text{б}}^d, A_0^d$  – соответственно зольность исходного концентрата и отходов; Н – уровень пульпы в ванне флотомашин;  $Q_k$ ,  $Q_0$  – производительность флотомашин по концентрату и отходам, соответственно;  $q_n^{**}, q_c^{**}$  – задание удельных расходов реагентов, подаваемых в камеры флотомашин.

В большинстве случаев инструментальных измерений зольности концентрата и отходов не выполняются, а определяются путем обработки проб в химлаборатории. В этом случае чистое запаздывание информации о зольности достигает нескольких часов.

В этих условиях чрезвычайно важное значение имеет компенсация возмущений на входе объекта управления без запаздывания ин-

формации, а информация о качестве продуктов обогащения может быть использована лишь для коррекции модели.

Управляющими воздействиями для процесса флотации являются расходы реагентов:

$$q_{n1} = K_1 Q q_n^*; q_{n2} = K'_1 Q q_n^{**};$$

$$q_{C1} = K_2 Q \rho q_C^*; q_{C2} = K'_2 Q \rho q_C^{**},$$

где  $K_1, K'_1, K_2, K'_2$  – коэффициенты пропорциональности, определяемые экспериментально в зависимости от характеристик обогащаемого угля и других параметров.

В некоторых случаях в начале процесса стабилизируют плотность шлама и его расход. Для исключения влияния высоты пульпы в ваннах стабилизируют ее с помощью простейшего регулятора прямого действия. В связи с этим управление процессом осуществляется с целью поддержания заданных зольности концентрата и отходов флотации, а управляющими воздействиями являются расходы реагентов, количество которых определяют их удельные расходы  $Q_n^*, Q_n^{**}, Q_C^*, Q_C^{**}$ , расход и плотность пульпы.

Непосредственно управляющие воздействия реализуются ЛПР изменением установок  $Q_n^*, Q_n^{**}, Q_C^*, Q_C^{**}$ .

При разработке нечеткого регулятора процессом флотации в приведенной выше постановке можно использовать аналитический и лингвистический методы синтеза. Первые методы могут быть эффективны при наличии средств непрерывного измерения зольности концентрата и отходов флотации, а в случае эпизодического измерения зольности путем отбора и лабораторного анализа проб или оценки качества при помощи органов чувств (цвет, вязкость и др.) предпочтительнее использовать лингвистический метод синтеза. Поскольку процессы флотации на подавляющем большинстве обогащательных фабрик не имеют инструментальных методов контроля качества конечных продуктов, рассмотрим синтез нечеткого регулятора лингвистическим методом.

Качественную информацию о процессе флотации можно получить у оператора. Введем значения лингвистических переменных (термы), описываемых соответствующими нечеткими подмножествами, заданными на универсальных множествах ОБ, ОС, ОМ, Н, ПМ, ПС, ПБ – соответственно "отрицательно большое", "отрицательно среднее", "отрицательно малое", "норма", "положительно ма-

лое, среднее, большое". При необходимости на универсальном множестве можно указать большее количество термов (например, отрицательно ниже большого, среднего, малого, и т.п.).

Обычно для динамических объектов в качестве базовых переменных используют выходную координату и скорость ее изменения. Для процесса флотации задачу можно значительно упростить и пользоваться только выходной координатой, поскольку постоянная времени объекта значительно меньше времени чистого запаздывания. Этим динамическая задача фактически приводится к статической. Однако при этом следует учитывать постоянное запаздывание и изменять управляющие воздействия на входе процесса допустимо лишь с интервалами времени,  $T_y \geq \tau + t_{n.n}$ , где  $\tau$  – время постоянного запаздывания,  $t_{n.n}$  – длительность переходного процесса,  $t_{n.n} \approx (3-5)T$ ,  $T$  – постоянная времени объекта управления.

Тогда для всех базовых переменных вводятся лингвистические переменные, описываемые соответствующими нечеткими подмножествами и ФП, заданными на универсумах (рис. 3.4).

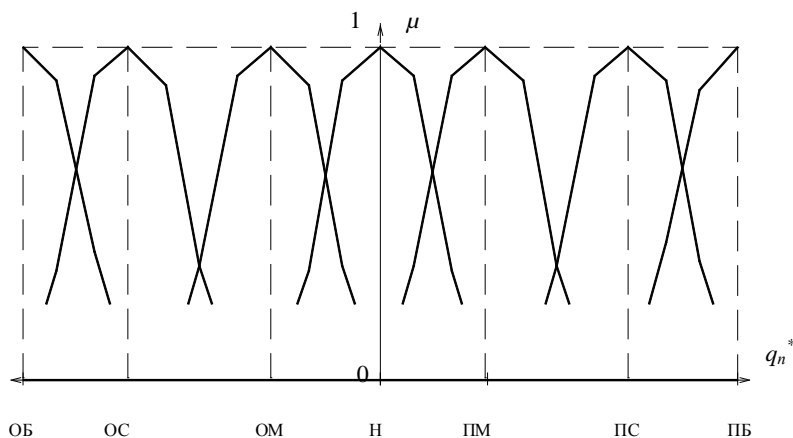


Рис. 3.4. ФП, соответствующие термам {ОБ, ОС, ОМ, Н, ПМ, ПС, ПБ}

Примечание. Аналогичные ФП имеют соответствующие термам переменных  $q_{\bullet}^{**}, q_{\bullet}^*, q_c^{**}, A_k^{**}, A_o^d, A_o^d$ .

Для рассматриваемого процесса имеем 4 управляющих входа и 2 выхода. На основании опыта работы квалифицированных операторов процесса флотации составляется таблица в виде продукций,

например, вида "ЕСЛИ  $A_k^d$  есть ОБ,  $A_0^d$  есть ОС, ТО  $Q_n^*$  есть ПМ,  $Q_C^*$  есть ПС,  $Q_n^{**}$  есть Н,  $Q_C^{**}$  есть ПМ". Все продукты вводятся в базу знаний, по мере необходимости дополняются и корректируются. В табл.3.1 приведены фрагменты продуктов. При этом общее количество продуктов при  $n = 7$  термах равно 49.

База знаний должна формироваться для конкретных условий. При этом надо учитывать следующие общие положения:

1. При недостаточной подаче реагента собирателя в начале процесса (АКП) нарушается образование флоккул, что приводит к увеличению потерь горючей массы с отходами, выражаясь в снижении зольности отходов. Зольность концентратов при этом снижается.

2. При чрезмерной подаче реагента собирателя в флоккулы могут попадать породные частицы, поэтому зольность концентрата увеличивается, а зольность отходов тоже может увеличиваться.

3. При недостаточной подаче реагента пенообразователя в АКП снижается интенсивность образования пенного слоя. Не все угольные частицы всплывают, поэтому зольность концентрата снижается, а потери угля с отходами растут (зольность их снижается).

4. В случае чрезмерной подачи реагента пенообразователя наряду с угольными промпродуктовыми частицами всплывают и породные, поэтому зольность концентрата увеличивается, а зольность отходов при этом может также возрастать. В этом режиме опасно запенивание флотации, что считается аварийным режимом.

5. Для повышения эффективности флотации используют режим так называемой дробной флотации, суть которой – подача реагентов непосредственно в камеры флотомашин. Этим достигается извлечение крупных классов угля, которые трудно флотируются.

6. При увеличении подачи реагента собирателя в камеры флотомашин снижаются потери угля с отходами, зольность отходов возрастает, а зольность концентрата может, как увеличиваться, так и уменьшаться.

7. Подача реагента пенообразователя в камеры флотомашин приводит к извлечению крупных частиц угля, и как следствие, к снижению зольности концентрата и увеличению зольности отходов.

Таким образом, существуют оптимальные значения  $Q_n^*$ ,  $Q_n^{**}$ ,  $Q_C^*$ ,  $Q_C^{**}$ , которые можно найти лишь опытным путем. Из опыта эксплуатации известно, что зависимости зольности концентрата и отходов от удельных расходов реагентов могут быть монотон-

ными или иметь экстремум. В случае монотонной зависимости при передозировании реагентов существует вероятность повышенного расхода, что повышает уровень загрязнения окружающей среды.

Экспертная система управления качеством концентрата и отходов допускает корректировку и пополнение базы знаний. Указанная система реализована на ПК. Программное обеспечение выполнено на языке Турбо Паскаль.

Использование экспертной системы позволит снизить потери угля с отходами обогащения и расход реагентов, минимизировать объем выбросов и улучшить качество работы процесса флотации в целом.

### **3.1.1. Синтез гибридного управления производственным процессом**

Перечень проблем, которые должны быть решены, обуславливают наличие различной степени неопределенности исходного и апостериорного информационного поля. И в зависимости от уровня неопределенности необходимо использовать те или иные методы обработки информации и моделирования, управления и принятия решений, причем следует учесть необходимость и важность участия в указанных процессах ЛПР, так как предлагаемая система относится к классу эргатических систем вида рис. 3.5, где использованы следующие обозначения:  $Y$  – принятие решений и общее управление,  $H$  – наблюдение,  $C$  – сенсорные средства,  $\Theta$  – эффекторы,  $X$  и  $X$  – вектор состояния процесса и его оценка,  $u$  – локальное управление,  $U$  – обобщенное управление,  $W$  – возмущения,  $F$  – заданное преобразование,  $Z$  и  $Z^*$  – текущий и заданный векторы состояния.

Итак, для локального управления технологическими процессами ОФ в ИАСУ для СЭЭМ можно использовать структурную схему гибридного интеллектуального регулятора, представленную на рис.3.5, где использованы следующие обозначения:  $F/D$  – фазификатор/дефазификатор, т.е. интерфейсы условий и воздействий,  $E$  – обработка и оценивание (фильтрация),  $I$  – интерфейс технолога,  $f/w$  – контролируемое/неконтролируемое возмущение,  $u/U$  – управление/решение,  $a$  – оценка вектора параметров модели ТП,  $Y$  – вектор измерений, БПР – блок принятия решений, а др. обозначения приведены на рис. 3.6.



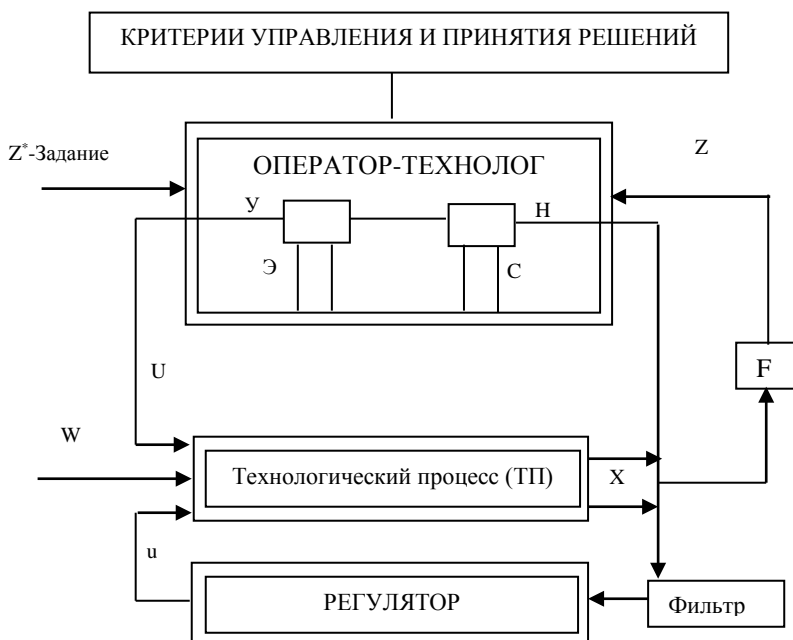


Рис. 3.5. Эргатическая система "технолог–регулятор–ТП"

К основным элементам гибридизации на этом уровне относятся интеграция баз данных, знаний, моделей и алгоритмов управления и принятия решений на основе обобщенных критериев.

### 3.1.2. Фузи-нейронная система гибридного управления предприятием

**Введение.** В процессе управления сложными промышленными объектами лицо, принимающее решения, в большинстве случаев основывается на своем восприятии возможной и случайной информации и ее выражении с помощью лингвистических понятий и рассуждений. Такая информация на практике является слабо структурированной и носит качественный и нечисловой характер, что обуславливает ее размытость. Теория возможностей и нечетких множеств позволяет представлять и контролировать размытую информацию в количественной мере, что дает возможность создания нечетких активных экспертных систем [28-32]. С другой стороны,

практика применения нейронных сетей показывает, что они также обладают свойством размытости главным образом из-за их распределенности. Это приводит к необходимости разработки гибридных интеллектуальных систем управления, т.е. нечетких систем управления с самообучением на основе нейромоделирования.

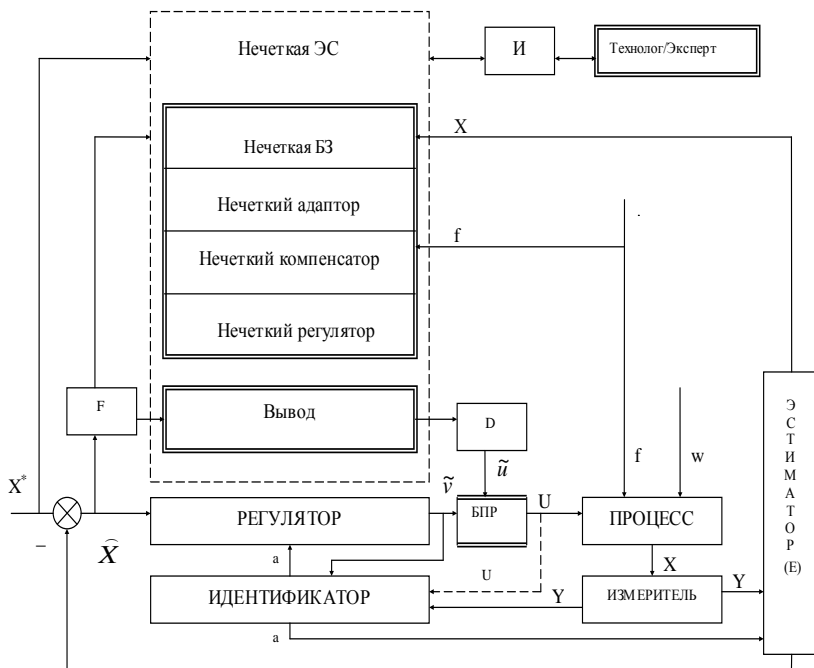


Рис. 3.6. Структурная схема гибридного интеллектуального регулятора

Знания в нейронной сети представляются в виде распределенной системы с весовыми коэффициентами между блоками и узлами сети как комплексы вида: « Обучение + Вычисления + Обработка ». Под обработкой знаний подразумевается обеспечение одинакового поведения нейросистемы при равных внешних условиях и воздействиях. Такое свойство систем является важной характеристикой для многих приложений, в частности, для активных экспертных систем.

В данной работе рассмотрена проблема создания элементов гибридной системы управления, которая основана на нечеткой экспертной системе с нейронной сетью обучения, при этом также решена задача, которую кратко можно сформулировать следующим

образом: допустим, что создана база знаний, состоящая из независимых правил вида: IF <Условие> THEN < Действие >. Разработать алгоритм вывода решения при любых новых не описанных в базе ситуациях. Итак, пусть имеется совокупность L правил вида: RULE<sup>1</sup> ALSO RULE<sup>2</sup>.....ALSO RULE<sup>L</sup>, где RULE<sup>j</sup> имеет форму: IF  $X_1$  is  $A_i^j$  and  $X_2$  is  $A_2^j$  and ... and  $X_n$  is  $A_n^j$  THEN  $Y_1$  is  $B_1^j$  and  $Y_2$  is  $B_2^j$ ..... and  $Y_m$  is  $B_m^j$ . Здесь  $X_1, X_2, ..., X_n$  – входные лингвистические переменные в части IF, т.е. переменные, которые принимают значения из универсумов  $U_i=(U_{i1}, U_{i2}, ..., U_{in})$ , а  $Y_1, Y_2, ..., Y_m$  – выходные лингвистические переменные в части THEN, т.е. переменные, которые принимают значения из универсумов  $V_k = (V_{k1}, V_{k2}, ..., V_{km})$ . Входные данные задаются в виде:  $X_1$  есть  $C_1$ , и  $X_2$  есть  $C_2, ..., X_n$  есть  $C_n$ , а выходные – как  $Y_1$  есть  $D_1$ , и  $Y_2$  есть  $D_2, ..., Y_m$  есть  $D_m$ , где  $A_i^j, C_i, B_k^j, D_k$  являются нечеткими подмножествами, которые определены в соответствии с универсумами и представляют собой некоторые термы типа: высокий, низкий, нормальный, средний и т.п. При решении данной задачи в качестве количественной меры оценки вывода применим функции принадлежности вида:

$$\begin{aligned} A_i^j(U_i) : U_i &\rightarrow [0,1], & C_i(U_i) : U_i &\rightarrow [0,1], \\ B_k^j(V_k) : V_k &\rightarrow [0,1], & D_k(V_k) : V_k &\rightarrow [0,1]. \end{aligned}$$

Механизм вывода получен в виде:

- определение меры возможности  $\beta^j$  для каждого  $i$  в правой части IF;
- определение общей меры  $\beta^j = \Lambda_1^n \beta_i^j$ ;
- определение композиции  $\beta^j \phi \beta^j(v) = \beta^j \Lambda \beta^j(v)$ .

Если при выводе решения используется более одного правила, но с разными  $\beta^j$  (т.е. все правила удовлетворяют условию  $\beta \succ \beta_0$ ), то их можно объединить с помощью оператора  $\cup$ .

Таким образом, получено общее уравнение механизма приближенного вывода в следующем виде:  $D^j(v) = \bigcup_{k=1}^K \left\{ \left[ \bigcap_{i=1}^n \beta_i^k \right] \cap \beta^k(v) \right\}$ ,

где  $K$  – общее число правил, используемых при принятии решений при условии  $\beta \succ \beta_0$ . Здесь  $\beta_0$  – величина порога, устанавливаемая экспертом при выборе доминирующих правил.

В предложенном варианте механизма вывода используется многослойная нейронная сеть, а именно сеть BNN (Back-propagation Neural Network).

Получены ответы на следующие вопросы, относящиеся к применению нейронной сети BNN: сколько слоев достаточно для используемой сети? Сколько узлов обработки необходимо для каждого скрытого (внутреннего) слоя сети? Сколько и какой информации требуется при реализации отображения (модели «вход - выход») в нейронной сети для механизма приближенного вывода. Полученные в работе результаты могут быть использованы в системе управления технологическими процессами углеобогащения, металлургии, цементного производства и др.

**Инженерия знаний в управлении.** В проектировании размытых систем управления и их реализации процедуры представление знаний, рассуждений и приобретение знаний играют фундаментальную роль. Поскольку мы используем модель, основанную на правилах, т.е. продукционную структуру, выпуск представления знания имеет определенное значение того, как лингвистические правила могут быть представлены, численно используя размытые подмножества и размытое соотношение, или размытую импликацию. Имеются два подхода для формирования базы правил в размытых системах:

1) Набор правил, извлеченный от опытного эксперта, может быть выражен набором лингвистических правил с формой ЕСЛИ <Условие> ТО <Действие>, связывающее измеряемые переменные, чтобы управлять переменными;

2) Синтез базы правил, основанный на основе алгоритма распознавания, непосредственно используя управляемый (исследуемый) процесс.

**Два типа размытых систем.** Размытая система может быть как элемент активного управления или как функция приближения (для моделирования процесса). Для первого: положим, что для определенной системы известны набор входов  $X$  и выход  $Y$ , база правил получена из доступного источника, содержащего набор правил, связывающий  $X$  с  $Y$ , используя предопределенные лингвистические обозначения.

Размытая система на лингвистическом уровне может быть установлена, как показано на рис. 3.7.



Рис. 3.7. Упрощенная схема размытой системы

Для  $X_0, Y_0 = \Phi(\Psi_x^y, X_0)$ . Механизм работает следующим образом:

- процесс вывода сначала выполняет процедуры соответствия между  $X$  <условие> и ЕСЛИ частями правил;
- выполняет соответствующее действие «ТО», на основе результата соответствия с ТО частями правил, использующих размытую стратегию вывода.

Чтобы выполнять размытую систему в вычислительной форме, один из алгоритмов должен создать матрицу соотношений из доступной базы правил, и реакция на выходе  $Y$  рассчитана уравнением соотношения  $Y = XOR$ , где  $O$  обозначает логический оператор, выполняющий композицию вывода.

Второе использование размытой системы – как функция аппроксимации, т.е. для моделирования процесса. При этом взаимодействие с окружающей средой система осуществляет через две процедуры, а именно: фузификацией (FZ), дефузификацией (DF) (рис. 3.8).

На рис. 3.8  $Y = F(X), y = f(x), x \in \bar{X}$  в  $y \in \bar{Y}$ .

Такой моделью системы мы можем представлять известную или неизвестную функцию, линейную или нелинейную (что очень важно). Выполнение размытого алгоритма в системе активного управления может быть как прямой контроллер или как супервизор, где функция размытой системы находится в контуре низкого уровня.

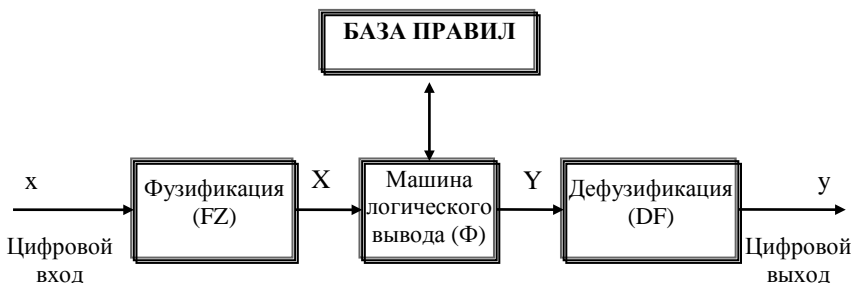


Рис. 3.8. Процедура фузификация/дефузификация

**Разработка гибридной системы управления.** Для разработки нечеткой нейронной структуры управления можно использовать две идеи: первая – сделать существующую размытую систему нейронной, вторая – «размыть» существующую нейронную сеть. Первая задача выполняется отображением размытой системы в нейронные сети, функционально или структурно.

Обычно возникают следующие вопросы управления:

- заданный для управления процесс может быть неопределенным и малопонятным;
- возможность допустить описание, например, эталонной моделью, математической функцией стоимости, индексной таблицей или размытыми целями;
- задание набора ограничивающих условий, налагаемых характеристиками рассматриваемой физической системы;
- используя имеющиеся знания о процессе и технологиях, создать контроллер так, что система централизованного управления ведет себя так, как ожидается при условии удовлетворения и поддержания указанных характеристик.

Решение указанной выше проблемы с использованием нечеткого нейронного подхода формулируется следующим образом: при данном процессе (объекте)  $P$ , наборе ограничений  $Q$  и цели  $R$  выбрать структуру контроллера  $S$  и вычислительный алгоритм  $T$ , используя при этом предшествующие знания  $U$  и алгоритмы обучения  $V$ , для создания  $S$  так, чтобы достичь  $R$  при условии  $Q$ , т.е. для проблемы управления  $(P, Q, R)$  наша задача состоит в том, чтобы создать  $(S, T)$ , используя  $(U, V)$ .

Под нечетким нейронным управлением мы обычно понимаем следующее: контроллер имеет структуру, следующую из сочетания

размытой системы и нейронных сетей; итоговая система управления состоит из размытой системы и нейронной сети как независимые компоненты, выполняющие различные задачи, и гибридные методологии проектирования для построения соответствующих контроллеров, происходящие из идей размытого и нейронного управления.

Процесс вывода решения может быть конкурирующим (альтернативным) или объединяющим, в зависимости от соответствующего алгоритма рассуждений. После задания структуры нечеткой нейронной системы соответствующим вычислительным алгоритмом необходимо уделить внимание роли этой системы в решении проблемы управления.

Для представления знаний и их приобретения мы используем: нейронную сеть с обратным распространением (BNN), реализация алгоритма приближения которой описана на рис.3.9 и сеть противораспространения (CPN), которая упрощает алгоритм размытого управления (рис. 3.10).

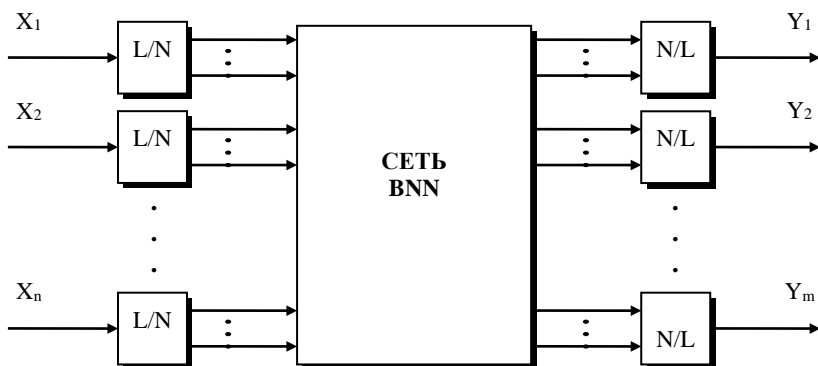


Рис. 3.9. Схема НС с обратным распространением



Рис.3.10. Упрощенная структура смешанного управления

При рассмотрении размытой системы и нейронной сети как двух различных вычислительных элементов они могут быть конфигурированы на уровне систем иерархическим способом: размытая система будет супервизор или нейронная сеть, контроллер низкого уровня непосредственно управляет промышленным объектом.

Второй уровень – непосредственно контроллер переменных процесса. (Нейронные сети + Программируемый логический контроллер (PLC)).

Второй тип интеграции между нейронными сетями и размытой системой - в подуровне, отбором один к другой функционально или структурно.

В результате слияния и интегрирования размытой системы с нейронными сетями мы получаем размытую нейронную систему, которая может называться «Гибридная система управления». Гибридизация обуславливается тем, что, с одной стороны, размытые системы имеют дело с качественной информацией, а с другой, нейронные сети имеют дело с количественной (числовой) информацией. Основная идея и преимущество реализации такой системы состоит в том, что размытая система обладает огромными возможностями в представлении лингвистических и структурированных знаний с помощью размытых множеств и выполнении нечетких рассуждений нечеткой логикой качественным способом (используя опыт экспертов по проблемной области), и с другой стороны, нейронные сети особенно хороши для представления нелинейного отображения вычислительным способом, они создаются сами собой в основном через алгоритмы обучения на выборках.

Можно легко понять поведение нечеткой системы благодаря их логической структуре и пошаговости процедур ввода/вывода, а нейронные сети обычно действуют как черный ящик.

Общая структура конфигурации иерархической системы с распределенными логическими функциями измерения, регулирования и управления показана на рис. 3.11. На рис. 3.11 A+B составляет супервизорный уровень, а C+D – управляющий уровень.



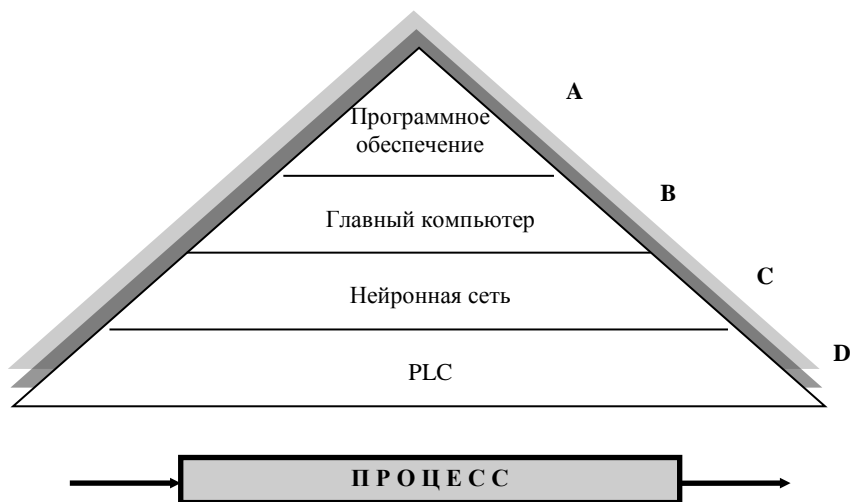


Рис. 3.11. Иерархическая система с распределенными функциями управления

Диспетчерское управление состоит из сбора и хранения информации о значениях параметров управляемого процесса и аварийных сигналах, оценки производительности, длительности работы и другой статистики, и т.д. Процедура диалога и процедура отчетности для каждой регулируемой переменной процесса в аналоговом или цифровом виде называется "точкой", и для каждой точки имеется так называемая «технологическая карта точки». Комплект технологических карт точки, соответствующей всем регулируемым переменным процесса в любой момент, содержит полную информацию об эксплуатационном состоянии технологического процесса.

Итак, разработана функциональная структура и алгоритм размыто - нейронной системы (гибрид) для управления многомерным промышленным объектом в реальном времени. Такая система может быть использована, например, в системе автоматизации управления технологическими процессами производственно-экономической системы.

### 3.2. Интеллектуальная система моделирования и управления экономическими рисками

**Введение.** Проблема быстрого и точного обнаружения и оценивания рискованной ситуации (РС) в условиях трансформации экономической структуры общества, т.е. в условиях отсутствия нужного объема информации, ее нестационарности, неопределенности и нечеткости стала достаточно актуальной на современном этапе, когда основные эколого-экономические, социальные и техногенные параметры находятся в катастрофической зоне. Важной проблемой в данной ситуации является классификация, распознавание и определение динамики РС.

Важность, многогранность и прикладная распространенность проблемы распознавания привели к тому, что создано большое число решающих правил для принятия решения в задачах распознавания в самых разнообразных прикладных областях [3]. Однако многие существующие методы и подходы, для которых они были созданы, оказались не пригодными при решении других задач, связанных с высокой оперативностью, адекватностью и экстремальностью решений. Поэтому современный теоретический уровень и информационно-инструментальная и техническая база позволяют разработать и применять новые и более совершенные технологии в решении задач идентификации и распознавания сложных процессов и объектов. Естественно использовать при создании новых методов современные подходы и принципы, а именно: размытость и смешанность информации и элементы интеллектуальности; гибридизация информации (априорной и апостериорной), моделей (формальных и качественных) и критериев/решающих правил: линейная, нелинейная, экспертная, иерархическая и т.п.; самоорганизация (синергетический аспект); адаптивность, обучаемость, быстрота и параллельность алгоритма (нейросети); распределенность параметров моделей и др. [28,29,148-158]. Полученные таким образом методики естественно назвать гибридными, а процесс создания их – гибридизацией, аналогично тому, как при создании биологических видов для новых условий природа использует жизнеспособные биологические виды, проявившие себя успешно, хотя и в иных условиях.

Некоторые важные вопросы, которые возникают при решении проблемы создания интеллектуальных систем моделирования и

управления эколого-экономическими рисками (ИСМУР), можно сформулировать следующим образом:

- разработка различных модификаций и усовершенствование технологий решения задач оценивания (идентификации), распознавания и управления эколого-экономических рисков (ЭЭР) на основе современных теорий (гибридизация, интеллектуализация, самоорганизация, адаптируемость и обучение др.);
- учет смешанных мультипликативно - аддитивных случайных возмущений (шумов) в моделях динамики системы и каналов наблюдений.

Ниже рассмотрены некоторые возможные подходы в распознавании образов (объектов, изображений и т.п.), которые применимы в решении задач экономико-экологического мониторинга сложных систем.

***Размытость, смешанность информации и интеллектуализация решения.*** Одно из направлений развития методов автоматической классификации и распознавания образов в последние 15-20 лет связано с использованием теории размытых множеств. Как отмечает Л. Заде [40,148], «глубинная связь между теорией размытых множеств и распознаванием образов основана на том обстоятельстве, что большинство реальных классов размыты по своей природе в том смысле, что переход от принадлежности к непринадлежности для этих классов скорее постепенен, чем скачкообразен».

Использование алгоритмов размытой классификации позволяет учесть сложность структуры классов объектов, нестатистическую неопределенность принадлежности объектов к определенным типам, наличие объектов «промежуточного» характера.

При построении вероятностных решающих правил в задаче распознавания образов целью является восстановление степеней достоверности принадлежности объектов к классам. Эта задача, внешне схожая с задачей распознавания размытых образов, существенно отличается от последней. Действительно, вероятностная постановка задачи распознавания основана на предположении, что каждый объект принадлежит к одному классу, имеющаяся в наличии информация об объектах не дает оснований для однозначного отнесения их к тому или иному классу.

Применение вероятностного подхода для построения алгоритмов распознавания размытых образов не представляется целесообраз-

ным, поскольку каждый объект здесь может принадлежать (с разной степенью) к двум или нескольким нечетким классам, и это обстоятельство является принципиальным, оно не связано с недостатком априорной информации об объектах.

В настоящее время опубликованы уже десятки работ, в которых излагаются различные подходы к построению алгоритмов классификации, имеющих целью определение степеней принадлежности объектов к классам – размытым множествам. Однако значительно менее разработанными являются алгоритмы распознавания (классификации с обучением) размытых образов.

Анализ многочисленных человеко-машинных систем распознавания объектов с повышенной степенью рискованности (как, например, промышленные объекты со старым и изношенным оборудованием и пр.) показал, что классические модели и методы достигли определенного предела в улучшении их показателей. Общеизвестно противоречие между повышением показателей качества человеко-машинных систем за счет усложнения их моделей и программно-аппаратурной основы и снижением отказоустойчивости. Повышение степени интеллектуальности системы управления этими объектами позволяет в значительной мере преодолеть это противоречие.

В системе распознавания образов (СРО) и диагностирования, построенной с применением методологии искусственного интеллекта, основное ядро – база знаний (БЗ), наиболее удобно может быть организовано на основе продукционной модели знаний, имеющих конструкцию типа «ЕСЛИ < признаки >, ТО < решение > ».

Основные требования, предъявляемые к интеллектуальным СРО: возможность работы в оперативном режиме; адаптируемость; быстрая приспособляемость к конкретным ситуациям, компактность реализации; возможность быть встроенными.

Наиболее адекватным классом СРО, отвечающим указанным выше требованиям, являются СРО, основанные на нейронных нечетких сетях (ННС) со смешанной базой [29].

БЗ реализована на основе нейронных сетей (НС), в связи с чем конструирование желаемой БЗ эквивалентно определению рациональной архитектуры и матрицы весовых коэффициентов синтезируемой НС.

Архитектура разрабатываемой НС представляет собой трехслойную «feedforward» структуру. Первый слой включает входные

Входные сигналы  $y_j, j = \overline{1, n}$ , появляясь на входе (синапсах)  $j$ -го нейрона, преобразуются в сигналы дендритов согласно нелинейной функции  $f(w_{ij}, y_i)$ . Здесь  $w_{ij}$  – весовые коэффициенты синапсов. Результирующий сигнал получается в результате комбинации (в частности, суммирования) в теле нейрона всех сигналов дендритов согласно нелинейной функции  $u_j(f_{ji}), i = \overline{1, n}$ . Этот сигнал поступает через аксоны на входы других узлов.

$$\left. \begin{array}{l} IF\ g = g_1\ and\ x = x_1\ THEN\ \dot{x} = \dot{x}_1, \\ IF\ g = g_2\ and\ x = x_2\ THEN\ \dot{x} = \dot{x}_2, \\ ..... \\ IF\ g = g_n\ and\ x = x_n\ THEN\ \dot{x} = \dot{x}_n \end{array} \right\} \quad (3.1)$$

Представление этих знаний в БЗ разрабатываемой СРО заключается в обучении НС, т. е. для обучения НС используется рассогласование (ошибка) между выходами сети и эталона (образа), т. е. определении матрицы весовых коэффициентов  $w_{ij}$  и порогов нейронов  $p_j$  таким образом, чтобы при появлении каждой текущей ситуации  $(g_i, x_i)$  на входе системы получился соответствующий отклик  $\dot{x}_i$  на ее выходе согласно (3.1).

101

Представим, что объект распознавания (ОР) описывается в динамике в виде следующего дифференциального уравнения:

$$\dot{x}^* = f(x^*, u^*), x^* \in X, u^* \in U \quad (3.2)$$

или в виде совокупности нечетких продукций:

$$\left. \begin{array}{l} IF u^* = OC \text{ and } x^* = m3 THEN \dot{x}^* = nM ELSE \\ IF u^* = n,, \text{ and } x^* = n3 THEN \dot{x}^* = mM ELSE \\ ..... \\ IF u^* = OC \text{ and } x^* = m3 THEN \dot{x}^* = nM ELSE \end{array} \right\}, \quad (3.3)$$

где  $\dot{x}^*, x^*, u^*$  – базовые переменные соответственно нечетких множеств признаков, их изменения и параметры (управления); ОБ – отрицательно большое; ОС – отрицательно среднее; ОМ – отрицательно маленькое; НО – ноль; ПМ – положительно маленькое; ПС – положительно среднее; ПБ – положительно большое.

Задан эталонный переходной процесс синтезируемой системы в виде:

$$\left. \begin{array}{l} IF g^* = O3 \text{ and } x^* = m,, THEN \dot{x}^* = mM ELSE \\ IF g^* = m,, \text{ and } x^* = m,, THEN \dot{x}^* = nM ELSE \\ ..... \\ IF g^* = nC \text{ and } x^* = n3 THEN \dot{x}^* = mM ELSE \end{array} \right\}. \quad (3.4)$$

Ставится задача синтеза ИСПО с нечеткой НС для идентификации и распознавания объекта (3.3), обеспечивающей желаемую нечеткую характеристику (3.4) системы. Нечеткая распознающая система строится на базе нечеткой НС, архитектура которой принимается в виде трехслойной «feedforward» структуры.

Входные терм-множества лингвистических переменных  $e$  и  $\dot{e}$  после масштабирования с коэффициентами  $k_e, k_{\dot{e}}$  поступают на фазификатор, на выходе которого получаются нечеткие переменные  $\tilde{y}, \tilde{y}'$  с представлением  $LR$ -типа. Данные сигналы после умножения на нечеткие весовые коэффициенты  $\tilde{w}_{ij}$  суммируются для формирования результирующего сигнала,  $\tilde{w}_{ij}$  представляется в принятой модели как нечеткое число с  $LR$ -представлением. Порог НН в отличие от обычного нейрона принят как  $min$ . Аналогично функционируют нечеткие нейроны и других двух слоев. Теперь необходимо определить

такие нечеткие значения  $\tilde{w}_{ij}$ , чтобы, как было отмечено выше, характеристика конструируемой системы регулирования совпала с желаемой (3.4). Для этого производится обучение НС с помощью алгоритма с использованием нечеткой арифметики. Вся нечеткая арифметика реализована для нечетких чисел  $(L - R)$  – типа [33].

**Гибридизация: информации, моделей и критериев решающих правил.** Представим теперь распознающее решающее правило в виде преобразователя  $F$  формального описания  $X$  объекта в наименование его образа (класса):  $y = F(X)$ . Исходным материалом для синтеза решающего правила  $F$  служит информация, которая делится на два типа: априорная информация  $J$  о структуре решающего правила (источником этой информации обычно является человек); апостериорная информация  $I$  или обучающая выборка

$$I = \langle X_i, y_i \rangle (i = 1, \dots, N) \quad (3.5)$$

где  $X_i$  — описание  $i$ -го объекта этой выборки, а  $y_i$  — его принадлежность к одному из образов (классов), т. е. имя образа, к которому принадлежит  $X_i$ .

Решающее правило в общем случае является результатом преобразования этой информации некоторым алгоритмом  $\Phi$  синтеза [103, 104, 113]:

$$F = \Phi(J, I). \quad (3.6)$$

Таким образом, проблема синтеза всякого решающего правила сводится к созданию алгоритма  $\Phi$ , способного эффективно учесть оба вида исходной информации: априорную  $J$  и апостериорную  $I$ .

Для гибридизации, как процесса синтеза  $\Phi$ , используются готовые решающие правила. В качестве исходных блоков распознающие решающие правила рассмотрены двух типов: правила без обучения, структура и параметры которых не могут быть изменены, т. е.  $y = f(X)$ , и обучаемые правила, структура и параметры которых имеют возможность изменяться за счет смены обучающейся выборки  $I$ , т. е.  $y = f'(X, I)$ .

Удобство этих правил заключается также в простоте их синтеза, который обычно называют обучением. Сам процесс применяют обычно для параметрических решающих правил вида:  $y = f''(X, C)$ , где  $C = (c_1, \dots, c_k)$  - вектор параметров, значения которых определяют

ся на стадии обучения:  $C = L(I, f'')$ . Здесь  $L$  — оператор определения параметров  $C$  для правила  $f''$  и обучающей выборки  $I$ .

В режиме обучения оператор  $L$  имеет рекуррентный характер и реализует подбор такого изменения параметров  $C_l$ , при котором неравенство  $f''(X_i, C_l) \neq y_i$ , например, превращается в равенство или дефект неравенства уменьшается при изменении  $C_l \rightarrow C_{l+1}$ , где  $l$  — номер шага обучения.

Таким образом, исходные решающие правила для гибридизации могут быть как неизменяемые, так и изменяемые, т. е. корректируемые заданной обучающей выборкой (3.5).

Она заключается в таком использовании заданных исходных (базовых) решающих правил  $F_1, \dots, F_q$ , чтобы свойства полученного гибридного решающего правила превосходили свойства исходных решающих правил, т. е. «потомок» (гибрид) этих правил был бы в определенном заданном смысле лучше каждого из своих «родителей».

Обозначим гибридное правило  $R(X)$ . Оно может быть представлено в виде:

$$R(X) = \varphi(F_1(X), \dots, F_q(X)),$$

где  $F_i(X)$  —  $i$ -е базовое решающее правило,  $F_i \in \{f, f', f''\}$ ;  $\varphi$  — алгоритм гибридизации этих правил. При этом гибридизация имеет смысл только при  $R \succ F_i (i = 1, \dots, q)$ , где знак предпочтения  $\succ$  определяется целями гибридизации, т. е. созданием правила, минимизирующего заданный критерий эффективности  $Q = Q(F)$ , который и выявляет предпочтение  $R \succ F_i$ , если  $Q(R) < Q(F_i) (i = 1, \dots, q)$ .

В качестве такого критерия естественно выбрать функционал вероятности ошибочной классификации. Принято считать, что объекты  $X_i (i = 1, \dots, q)$  и их принадлежность  $y_i$  (номер класса) появляются независимо и случайно в соответствии с некоторой совместной плотностью распределения  $P(X, y)$ . Тогда вероятность ошибочной классификации правилом  $F$  определяется функционалом среднего риска:

$$Q(F) = \int_{X, y} k(y - F(X)) P(X, y) dX, dy, \quad (3.7)$$



где функция  $k$  задается очевидным выражением  $\tilde{k}(z) = \begin{cases} 0, z = 0, \\ 1, z \neq 0. \end{cases}$

Однако плотность  $P(X, y)$  обычно априорно неизвестна и использование критерия (3.7) требует ее восстановления на базе обучающей выборки  $I$ , что не эффективно в реальном случае ограниченной длины  $N$  этой выборки.

Поэтому в качестве критерия эффективности используют функционал эмпирического риска, определяющий частоту ошибочной классификации:

$$Q_s(F) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N k(y_i - F(X_i)).$$

Большинство формальных (не экспертных) решающих правил распознавания  $p$ -классовой задачи могут быть представлены в виде:  $y = \text{sig}\Psi(X)$ ,

где решающая функция  $\text{sig}$  имеет ступенчатый вид:

$$\text{sig} v = \begin{cases} 0, v < a_1, \\ i, a_i \leq v < a_{i+1} (i = 1, \dots, p-2), \\ p-1, a_{p-1} \leq v, \end{cases}$$

а пороги  $a_1 < \dots < a_{p-1}$  являются параметрами этого правила, причем номера классов очевидны:  $y \in \{0; 1; \dots; p-1\}$ .

Теперь для формализованных решающих правил вида (3.7) гибридизацию можно представить в виде:  $R(X) = \text{sig}\psi(\psi_1(X), \dots, \psi_q(X))$ , где  $\psi(\dots)$  является скалярной функцией гибридной свертки переменных, и задача синтеза гибридного решающего правила сводится к построению таких функций, а  $\psi_i(X)$  — свертка  $i$ -го правила  $F_i(X) = \text{sig}\psi_i(X) (i = 1, \dots, q)$ .

Таким образом, гибридизация, как метод синтеза новых решающих правил на основе имеющихся, является процедурой синтеза свертки решений, входящих в гибрид, или правил, породивших эти решения.

Итак, проблема гибридизации при решении задачи распознавания сводится к синтезу нового правила  $R(X)$ , перерабатывающего не только данные об объекте  $X$ , но и о том, как к этому объекту относятся другие имеющиеся правила  $F_1(X), \dots, F_q(X)$ , причем, исходной

информацией для такого синтеза являются обучающая выборка  $I$  и априорные данные  $J$ , позволяющие определить состав исходных правил, критерий эффективности гибридного правила и другие обстоятельства, важные для эффективной гибридизации, т. е. имеем  $R = \Phi^{\partial}(J, I)$ , где  $\Phi^{\partial}$  — здесь алгоритм гибридизации, а  $I$  и  $J$  — информация, необходимая для такой гибридизации:

$$J = \{F_i(X), \dots, F_q(X), Q(R), \dots\},$$

$$I = \{X_i, y_i \mid (i = 1, \dots, N)\}.$$

Синтез гибридных решающих правил может опираться на весьма прозрачные аналогии, заимствованные из области коллективных решений, принимаемых в человеческих коллективах. Заметим также: гибридные решающие правила позволяют использовать для решения конкретных задач правила, созданные ранее для решения других задач распознавания; у гибридных правил существует четко выраженная преемственность с традиционными методами распознавания; коллективные гибриды позволяют объединять неформальные правила распознавания (экспертов), моделируя работу группы экспертов; гибридные правила распознавания позволяют решить ряд важных практических задач с точностью, превышающей традиционные методы распознавания.

В заключение также отметим важность учета распределенности параметров (т.е. местоположение системы) в модели, как самой системы, так и канала наблюдений за состоянием изучаемой системы, а именно предполагается, что состояние системы можно описывать в виде системы дифференциальных уравнений с распределенными параметрами:

$$\frac{\partial C_{v\mu}(t, x)}{\partial t} = L_x[C_{v\mu}(t, x)] + W_{v\mu}(t, x),$$

где  $L_x$  — эллиптический оператор, а граничные и начальные условия можно задать в виде:

$$\Psi_x[C_{v\mu}(t, x)] + \xi = 0, x \in \partial X, t > t_0, C_{v\mu}(t_0, x) = C_{v\mu}^*(x),$$

где  $\Psi_x$  и  $\xi$  — соответствующие операторы граничных условий.

При этом уравнения наблюдений можно задать как

$$Y_{v\mu}(t, x) = HC_{v\mu}(t, x) + V(t, x)$$

или как

$$Y_{v\mu}(t, x_q) = HC_{v\mu}(t, x_q) + V(t, x_q), q = \overline{1, N},$$

где  $H$  — оператор наблюдения (лицо наблюдения — ЛН);  $N$  — число точек размещения наблюдателей.

Тогда один из критериев оптимального размещения наблюдений эколого-экономических параметров производственной системы может быть представлен в следующей форме:

$$I = \int_{t_0}^T T_r \{ \text{cov}[V(t, x), V(t, x)] \} dt \rightarrow \min.$$

### 3.3 Интегральная модель интеллектуального управления производственной системой, основанной на знаниях

К сложным системам относятся, в частности, производственно-экономических систем (ПЭС), которые в процессе своего функционирования в условиях нестабильностей внешней среды находятся в динамике и подвержены воздействиям как контролируемых, так и неконтролируемых факторов. Поэтому необходима разработка интегрированной системы интеллектуального управления с учетом многих переменных и параметров, а именно: экономических, экологических, технологических, информационных и т.д. Исходя из этого, можно сделать заключение об актуальности создания интегрированных интеллектуальных систем управления ПЭС, сочетающих в себе свойства традиционных систем, использующих "жесткие" модели и алгоритмы, и такие признаки интеллектуальных систем (систем основанных на знаниях), как наличие базы знаний (БЗ), дружелюбного интерфейса, логического вывода, самообучения.

В общем виде модели объекта управления и каналов передачи информации можно представить в виде следующих операторных уравнений:

$$F(x, u, w, a, t) = 0, y(t) = G(x, u, \xi, v, b, t), \quad (3.8)$$

где  $x \in R^n$  - вектор состояния;  $u \in R^r$  - вектор управления;  $y \in R^m$  - вектор выходных переменных;  $w, v$  - векторы возмущений и помех (входящие в уравнения (3.8) как аддитивно, так и мультипликативно);  $a, b$  - векторы неопределённых параметров, причём  $\dot{a}(t) = 0$  и  $\dot{b}(t) = 0$ ;  $F, G$  - некоторые заданные операторы ( дифференциальные, как обыкновенные, так и с частными производными, инте-

гральные, интегро-дифференциальные, матричные и т.п.). В частности, в качестве (3.8) могут быть использованы стохастические дифференциальные уравнения (линейные или нелинейные, непрерывные или дискретные), уравнения в частных производных, например для случая учета территориального расположения производственных объектов. Функция  $x$  может удовлетворять некоторому балансовому

уравнению динамики  $\frac{dx}{dt} = D[x]$ , причем  $D$  есть эволюционный опе-

ратор, и он может иметь весьма сложную природу. Заметим, что оператор  $D$  зависит от вектора  $\lambda$  и случайных воздействий  $\xi$ , т.е.

$$D = D(\dots, \lambda, \dots, \xi).$$

В работе модели динамик заданы как  $\dot{x} = F(x, u, v, \xi)$ ;  $\dot{v} = g(v, t, \lambda)$ , а уравнения наблюдений(измерений) в виде:

$Y_x = h_x(x, \zeta_x, t)$ ,  $Y_z = h_z(x, \zeta_z, t)$ , причем:

$$\begin{cases} \dot{k} = g^k(k, m, I, \tau, z, \lambda), \\ \dot{m} = g^m(k, m, I, \tau, z, \lambda), \\ \dot{I} = g^I(k, m, I, \tau, z, \lambda), \\ \dot{\tau} = g^\tau(k, m, I, \tau, z, \lambda), \\ \dot{z} = g^z(k, m, I, \tau, z, \lambda). \end{cases} \quad (3.9)$$

где  $x(t)$  – вектор состояния ПЭС,  $x = (x_1, \dots, x_n)$ ;  $y = y(t)$  – вектор выхода (продукция – полезный выход);  $u = u(t)$  – вектор управляющих воздействий (переменных);  $v = (k, m, I, \tau)$  – вектор входных переменных;  $k = k(t)$  – вектор количественных переменных;  $m = m(t)$  – вектор монетарных переменных (деньги, финансы по различным статьям, т.е. различные источники финансов);  $I = I(t)$  – знания (информация);  $\tau = \tau(t)$  – вектор технологий;  $z = z(t)$  – вектор загрязнений (вредный выход).

В частности, модель динамики на основе набора факторов «Знания-Деньги» можно представить как

$$\begin{cases} \frac{dI_i}{dt} = \alpha_1 I_i M_i + \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq i}}^n \beta_{1k} I_k - \gamma_1 I_i + \xi_{1i} + u_{1i}, \\ \frac{dM_i}{dt} = \alpha_2 I_i M_i + \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq i}}^n \beta_{2k} M_k - \gamma_2 M_i + \xi_{2i} + u_{2i}, \end{cases} \quad (3.10)$$

где  $\alpha_1, \alpha_2, \{\beta_{1k}\}, \{\beta_{2k}\}, \gamma_1, \gamma_2$  - неотрицательные константы;  $I_i$  - информационный ресурс (база данных и знаний), используемый для  $i$ -й подсистемы (фирмы);  $M_i$  - общий капитал (деньги), имеющийся у  $i$ -й подсистемы (фирмы);  $\xi_{1i}, \xi_{2i}$  - внешние возмущающие воздействия;  $u_{1i}, u_{2i}$  - управляющие воздействия (решения);  $I_{i0} \leq I_i \leq I_{is}$  - обычный диапазон имеющейся для нормального функционирования  $i$ -й подсистемы;  $M_{i0} \leq M_i \leq M_{is}$  - необходимый объем капитала  $i$ -й подсистемы для нормального функционирования, причем:  $\{I_{i0}, M_{i0}\}$  - необходимый минимальный объем ресурсов  $i$ -й подсистемы, а  $\{I_{is}, M_{is}\}$  - пороговые значения ресурсов, за пределы которых  $i$ -я подсистема может быть разделена на несколько дочерних подсистем.

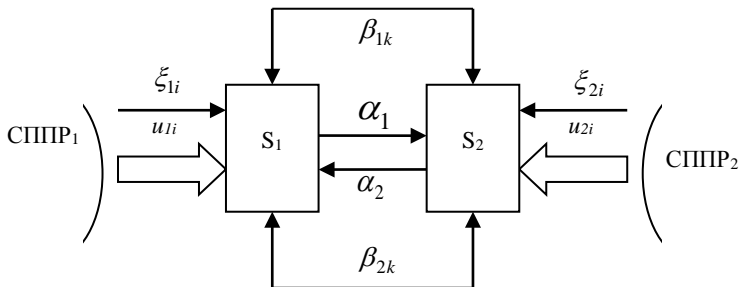
Соответствующая структура механизмов взаимодействий в системе представлена на рисунке 3.12.

Важно отметить, что обобщенная синергетическая модель динамики нелинейной стохастической системы с хаотическим поведением есть уравнение:

$$\dot{x}_i = \left[ \lambda_i \xi_i(t) x_i(t) \left[ X^0 \pm \sum_{j=1}^n a_{ij}(t) \prod_{k=1}^j x_k(t) \right] + \sum_{l=1}^3 d_{il} \frac{\partial^2 x_i}{\partial r_l^2} + w_i \right] + b_i u_i(t), \quad i = \overline{1, n}, \quad \bar{x}_i(0) = x_{i0},$$

где  $\langle \xi_i, w_i \rangle$  - стохастические возмущающие составляющие модели;  $\{a_{ij}(t)\}$  - нестационарные составляющие модели;  $\{d_{il}\}$  - диффузионные (распределяющие) коэффициенты;  $X^0$  - предельная величина;  $\lambda_i$  - параметры хаотичности. Итак, обобщенная структура информационной системы управления ПЭС представляется в следующем виде (рис. 3.13).

### Информационное взаимодействие



### Конкурентное взаимодействие

Рис. 3.12. Механизм взаимодействия двух подсистем (фирм).

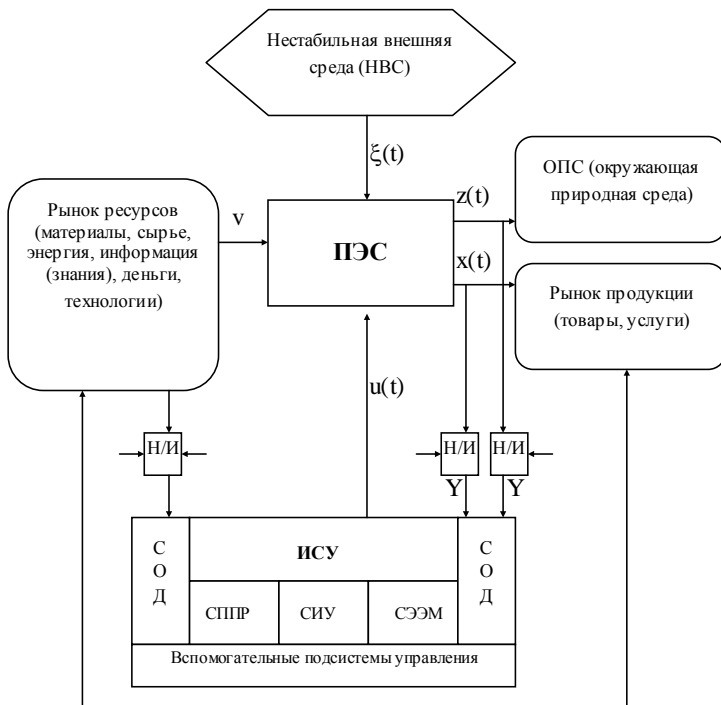


Рис. 3.13. Обобщенная структура информационного управления ПЭС

Здесь используются следующие обозначения: СИУ – система интеллектуального управления, СППР – система поддержки принятия решений, Н/И – наблюдатель/измеритель, СОД – система обработки информации, СЭЭМ – система экономико-экологического мониторинга.

### 3.4. Нечеткая модель ПЭС в условиях корпоративного управления

Проблема принятия управленческих и других решений осложняется тем, что ее приходится решать в условиях неопределенности и нечеткой информации, причем неопределенность может носить различный характер. Неопределенными и нечеткими могут быть действия (решения) конкурирующих сторон, направленные на уменьшение эффективности принимаемых противником решений. При выборе решения в условиях нечеткой и неопределенной информации всегда присутствует фактор действия внешней среды. Поэтому исследование и разработка нечетких моделей экономических систем является актуальной.

Итак, рассмотрим некоторое множество  $\Phi$ , состоящее из  $n$  фирм  $\Phi = \{\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_n\}$ , и множество  $\mathcal{D}(\Phi)$  всевозможных подмножеств  $\Phi_k$  множества  $\Phi$ , т. е.  $\forall k \Phi_k \in \mathcal{D}(\Phi)$ , а  $\Phi_k$  – коалиция (кооперация) фирм. Заметим, что  $\{\Phi_k\}$  – множество коалиций континуум, которое называется нечеткими коалициями.

Если  $\Phi$  множество из  $n$  фирм, можно иметь  $2^n$  вариантов коалиций фирм.

Характеристическая функция множества  $\Phi_k$  есть отображение:

$$\Phi_k \in \mathcal{D}(\Phi) \rightarrow \chi_{\Phi_k} \in \{0, 1\}^n,$$

$$\text{где } \chi_{\Phi_k}(f) = \begin{cases} 1, & f \in \Phi_k \\ 0, & f \notin \Phi_k \end{cases}. \quad f = (f_1, f_2, \dots, f_n)$$

Поскольку  $\{0, 1\}^n$  – подмножество из  $R^n$ , то можно взять его выпуклую оболочку, которая представляет собой куб  $[0, 1]^n$ .

Нечетким подмножеством (НМ) множества  $\Phi$  называется всякий элемент  $\mu$  из  $[0, 1]^n$ , т.е.

$$\mu: f \in \Phi \rightarrow \mu(f) \in [0, 1]$$

Число  $\mu(f) \in [0,1]$  называется степенью принадлежности фирмы  $f$  нечеткому подмножеству  $\mu(f)$ .

Заметим, что если  $\mu(f)=1$ , то  $f \in \Phi_K$ , т. е. входит в коалицию; если  $\mu(f)=0$ , то  $f \notin \Phi_K$ ; если  $\mu(f) \in (0,1)$ , то фирма  $f$  участвует в кооперации частично.

Отметим, что  $\mu = \sum_{\Phi_K \in \mathcal{D}(\Phi)} m(\Phi_K) \chi_{\Phi_K}$ , где  $m(\Phi_K)$  - некоторая заданная мера, причем:

$$m(\Phi_K) \geq 0, \quad \sum_{\Phi_K \in \mathcal{D}(\Phi)} m(\Phi_K) = 1, \quad \mu(f) = \sum_{f \in \Phi_K} m(\Phi_K).$$

**Определение 1.** Будем называть *обобщенной коалицией*  $n$  фирм всякий элемент  $f$  куба  $[-1,1]^n$ , или функцию  $\mu: \Phi \rightarrow [-1,1]$ , ставящую в соответствие каждому элементу  $f_i$  степень его участия в коалиции, т.е.  $\mu(f_i) \in [-1,1]$ .

Если  $\mu > 0$ , то участие фирмы интерпретируется как кооперативное, а если  $f < 0$ , то – некооперативное (конкурирующее).

Представим (как у психологов) каждой фирме  $f_i \equiv i$  ( $i=1, 2, \dots, n$ ) его поведенческую модель. Рассмотрим  $q$  поведенческих качеств  $\{P_k, k=1, \dots, q\}$ , каждое из которых снабжено единицей измерения. Предполагается также, что можно измерять (оценивать) каждое поведенческое качество с помощью действительного числа (положительного или отрицательного).

Поведенческая модель фирмы - это некоторый вектор  $X = (x_1, \dots, x_q) \in R^q$ , показывающий величину  $x_k$  каждого качества  $k$ -го, т.е. описание состояния фирмы есть вектор  $x(t) \in R^q$ . Пусть каждая фирма  $f_i \in \Phi$  участвует в некоторой кооперации.

**Определение 2.** Рассмотрим  $n$  фирм, которые описываются своими характеристиками (поведенческими профилями)  $X(t) \in R^n$ . Социальной кооперацией (коалицией) называют всякую матрицу  $C = \{c_{ik}\}$ , описывающую степень участия  $c_{ik} \in [-1,1]$  поведенческих качеств  $k$  для  $i$ -ой фирм  $f_i$ .

В этой матрице  $q$  столбцов представляют собой степени участия  $n$  фирм в кооперации. Множество всех социальных (поведенческих)



коалиций, которые могут быть образованы, представляет собой гиперкуб  $[-1,1]^{qn}$  размерности  $(q \times n)$ .

Если фирмы характеризуются при помощи поведенческих профилей  $a_i = (a_{i1}, \dots, a_{iq})$ ,  $i = \overline{1, n}$ , то качества, применяемые во взаимодействии с социальной коалицией  $C \in [-1,1]^{qn}$ , равны  $p_{ik} \equiv c_{ik} a_{ik} \in R^q \quad \forall i = \overline{1, n}$ .

Рассмотрим теперь  $n$  фирм  $f_i$ ,  $i = \overline{1, n}$ . Положим, что каждая фирма  $f_i$  воздействует на внешнюю среду (ВС). Опишем ВС как:

- замкнутое выпуклое подмножество  $L$  конечномерного векторного пространства  $X$ ;
- воздействие  $i$ -й фирмы на ВС непрерывное отображение  $F_i : L \rightarrow X$ .

Предположим также, что действие обобщенные коалиции  $\mu \in [-1,1]^n$  на ВС описывается непрерывным отображением  $\sum \mu_i F_i : L \rightarrow X$ .

**Определение 3.** Состояние ВС  $\tilde{x} \in L$  и обобщенные коалиции  $\tilde{\mu} \in [-1,1]^n$  образует равновесие, если  $\sum_{i=1}^n \tilde{\mu}_i F_i(\tilde{x}) = 0$ .

Такое состояние  $\tilde{x}$  внешней среды не изменяется под действием обобщенной коалиции (кооперации)  $\tilde{\mu} \in [-1,1]^n$ .

Теперь можно сформулировать следующую **теорему**.

Предположим, что  $L$  – компакт и пусть:

$$\forall x \in L \quad \exists c \in [-1,1]^n \quad \sum_{i=1}^n c_i f_i(x) \in T_L(x).$$

Тогда существует состояние  $\tilde{x}$  и коалиция  $\tilde{\mu} \in [-1,1]^n$ , образующее равновесие.

## ГЛАВА 4. ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЕМ В УСЛОВИЯХ НЕСТАБИЛЬНОСТЕЙ

### 4.1. Обобщенный критерий управления предприятием

**Общесистемные критерии.** Все частные критерии управления отдельными процессами и производствами могут иметь технологический характер, но не противоречить общесистемному критерию.

При таком подходе к формированию критерия концепция управления сводится к следующему:

- 1) формируется критерий управления по измеренным значениям технологических, экономических и экологических параметров;
- 2) оптимизируется производственная деятельность фабрики по сформированному критерию управления;
- 3) контролируются эколого-экономические параметры, и при превышении допустимых норм принимаются меры к снижению концентрации вредных веществ путем снижения производительности, оптимизации режимов работы локальных процессов и др.;
- 4) ведется интегральный учет выбросов загрязняющих веществ с начала года и при необходимости вводится коррекция на допустимую их текущую концентрацию;
- 5) контролируются текущие значения концентрации вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу, не допуская превышения их предельных значений, например, путем изменения ставок.

Кроме того, критерий управления должен учитывать требования зарождающихся рыночных отношений (например, при торговле с зарубежными странами), а также затраты на производство и модернизацию оборудования и технологии с целью достижения экологической чистоты.

Тогда при существующей системе формирования цены угольной продукции удельный (текущий) критерий управления можно принять в следующем виде:

$$\forall t \geq t_0, x_0 \in X : \Phi(t, x) = dQ_\phi(t) \overline{P}_1(t, x_0) \rightarrow \max \quad (4.1)$$

где  $Q_\phi(t)$  - производительность ОФ в момент времени  $t$ ;  $\overline{P}_1(t, x_0)$  - чистая прибыль (усредненная из-за наличия случайных факторов);  $d$  - общий коэффициент размерности (пропорциональности), причем

$$\overline{P}_1(t, x_0) = P_{1\Sigma}(t) - R(t, x_0) - K(t) - G(t), \quad (4.2)$$

где

$$P_{1\Sigma}(t) = \sum_{i=1}^{n_k} \partial_{ki} \dots_{ki}^* [1 - \lambda(A_{ki}^d(t) - A_{ki}^{d*})] + \sum_{j=1}^{n_n} \partial_{nj} \dots_{nj}^* [1 - \lambda(A_{nj}^d(t) - A_{nj}^{d*})] - (4.3)$$

суммарная цена всей продукции ОФ;

$$R(t, x_0) = \sum_{\nu=1}^{n_0} \sum_{\mu=1}^{m_0} r_{\nu\mu}(t) \{n_{\nu\mu}(t) C_{\nu\mu}(t, x_0) \times \\ \times \llbracket C_{\nu\mu}^*(t, x_0) - C_{\nu\mu}(t, x_0) \rrbracket_+ + k_0 [C_{\nu\mu}(t, x_0) - C_{\nu\mu}^*(t, x_0)] \rrbracket \} (4.4)$$

суммарные расходы ОФ на все экологические штрафы в данный момент  $t$  и в точке размещения средств измерений (СИ)  $x_0$  окрестности  $X$ , ОФ с учетом коэффициента прогрессивного штрафа  $k_0$  (в настоящее время  $k_0 = 5$ );

$$K(t) = \sum_{s=1}^{m_0} K_s(t) + K_0(t) (4.5)$$

суммарные капитальные затраты на производственные расходы и модернизацию;

$$G(t) = \sum_{s=1}^{m_0} \dots_{os}^* \gamma_s(t) (4.6)$$

суммарные стоимость потерь концентрата с отходами;  $\gamma_s(t)$  - потери концентрата с отходами;  $\Pi_{os}^*$  - цена единицы потерь концентрата;  $n_K, n_n$  - количество потребителей концентрата и промпродукта различного качества (зольности);  $n$  - количество загрязнителей;  $m_0$  - число учитываемых ТП;  $\lambda = 0.025$  - коэффициент скидок и надбавок за отклонение зольности от преysкурантной цены;  $Q_\phi$  - производительность фабрики;  $\Gamma_{ki}$  - выход концентрата  $i$ -го качества, подлежащего реализации;  $\Pi_{ki}^*$  - договорная цена единицы массы концентрата  $i$ -го качества;  $A_{ki}^d, A_{ki}^{d*}$  - соответственно текущая и заданная (договорная) зольность концентрата;  $\Gamma_{nj}$  - выход промпродукта  $j$ -го качества;  $\Pi_{nj}^*$  - договорная цена единицы массы промпродукта  $j$ -го качества;  $A_{nj}^d, A_{nj}^{d*}$  - соответственно текущая и заданная (договорная) зольность промпродукта;  $r_{\nu\mu}$  - коэффициент пропорциональности,

учитывающий степень загрязнения по  $\nu$  - му компоненту;  $C_{\nu\mu}$  - текущая концентрация  $\nu$  -го загрязнителя;  $C_{\nu\mu}^*$  - заданная (допустимая) концентрация  $\nu$  -го загрязнителя;  $\Pi_{\nu\mu}$  - тарифная плата за загрязнение атмосферы  $\nu$  -м вредным веществом;

$$\begin{aligned} [C_{\nu}^* - C_{\nu}]_+ &= \begin{cases} 1 \cdot \text{при } C_{\nu}^* \geq C_{\nu}, \\ 0 \cdot \text{при } C_{\nu}^* < C_{\nu}; \end{cases} \\ [C_{\nu} - C_{\nu}^*]_- &= \begin{cases} 1 \cdot \text{при } C_{\nu} > C_{\nu}^*, \\ 0 \cdot \text{при } C_{\nu} \leq C_{\nu}^*; \end{cases} \end{aligned}$$

$$U_{ki}^* = U_{ki}^n [1 - \lambda(A_{ki}^d - A_{ki}^{d*})]; U_{nj}^* = U_{nj}^n [1 - \lambda(A_{nj}^d - A_{nj}^{d*})]$$

где  $U_{ki}^n, U_{nj}^n$  - цена концентрата и промпродукта,  $A_{ki}^{d*}, A_{nj}^{d*}$  - зольность концентрата и промпродукта по преискуртанту соответственно.

Следовательно, интегральный критерий при этом можно записать как функционал

$$\forall t \geq t_0; x_0 \in X; \Phi_0(t, x_0) = \int_t^T \Phi(\tau, x_0) d\tau \rightarrow \max \quad (4.7)$$

Ограничения на качество концентрата и потери угля с отходами обогащения можно задать в виде следующих неравенств:

$$A_{ki}^d = \sum_{s=1}^p \Gamma_{kis} A_{kis}^d / \sum_{s=1}^p \Gamma_{kis} \leq A_{ki}^{d*},$$

где  $\Gamma_{kis}, A_{kis}^d$  - соответственно выход и зольность концентрата  $S$  - го машинного класса;  $A_{ki}^d, A_{ki}^{d*}$  - соответственно текущая и заданная (допустимая) зольность общего концентрата  $i$ -го качества;  $p$  - количество машинных классов ( $p = 2, 3$ );

$$\gamma_{\Sigma}(t) = \sum_{s=1}^p \gamma_s \leq \gamma_{\Sigma}^*,$$

где  $\gamma_{\Sigma}(t)$  - текущие потери концентрата с отходами обогащения;  $\gamma_s$  - потери с  $S$  -м машинным классом;  $\gamma_{\Sigma}^*$  - заданные (допустимые) суммарные потери концентратных фракций.

Ограничения на среднюю концентрацию загрязнителей будут иметь вид:

$$\bar{C}_{\nu\mu}(t, x_0) = E\{C_{\nu\mu}(t, x_0)\} \leq C_{\nu\mu}^*,$$

где  $\bar{C}_{\nu\mu}, C_{\nu\mu}^*$  - текущее и заданное (допустимое) значения концентрации  $\nu$ -го загрязнителя соответственно.

В случаях продажи угля странам дальнего зарубежья из-за наличия определенного заказа принцип формирования цены может быть иным, т.е.

$$U_{ki}^* = U_{ki}^{d*} [A_{ki}^{d*} - A_{ki}^d]_+,$$

где  $U_{ki}^{d*}$  - договорная цена по заказу на экспорт.

Критерий управления фабрикой в этом случае также изменится, т.е. в формуле (4.2) вместо  $P_{1\Sigma}$  будем иметь  $P_{2\Sigma}$ :

$$P_{2\Sigma} = \sum_{i=1}^{n_k} \Gamma_{ki} U_{ki}^{d*} [A_{ki}^{d*} - A_{ki}^d(t)] + \sum_{j=1}^{n_n} \Gamma_{nj} U_{nj}^* [A_{nj}^{d*} - A_{nj}^d(t)].$$

Возможный вариант модели распределенной ПЭС и критерия оптимального размещения средств измерения и наблюдений экономико-экологических переменных и параметров ОФ показан в разделе 3.

## 4.2. Локальные критерии управления

Критерии управления локальными технологическими процессами не должны противоречить глобальному критерию управления фабрикой.

Критерии управления л о к а л ь н ы м и технологическими процессами представим в следующем виде:

1. Углеподготовка. Критерии: стабилизация долевого участия  $q$  шахтогруппы в шихте при ограничении на выбросы пыли в атмосферу, стабилизация нагрузки  $Q$  на фабрику по исходному углю:

$$q_j^* = \text{const}, q_j^* = Q_j^* / Q^* = Q_j^* / \sum_{j=1}^p Q_j^*;$$

$$Q_q \leq Q^* \{1 - k(C_1 - C_1^*) \text{sgn}[C_1 - C_1^*]\}, j = 1, 2, \dots, p,$$

$$\text{где } \text{sgn}[z] = \begin{cases} 1 \bullet \text{при } z > 0, \\ 0 \bullet \text{при } z \leq 0; \end{cases}$$

$C_1, C_1^*$  – текущее и допустимое значение концентрации по пыли;  
 $Q$  – заданная (общая) производительность ОФ;  $k$  – штрафной коэффициент;  $Q_q$  – допустимая производительность углеподготовки.

2. Комплекс процессов обогащения. Критерий: максимум выхода концентрата при ограничениях на его зольность и суммарные потери с отходами:

$$\Gamma_k = \sum_{i=1}^{n_k} \partial_{ki} \rightarrow \max; A_k^d = \sum_{i=1}^{n_k} \Gamma_{ki} \cdot A_{ki}^d / \sum_{i=1}^{n_k} \Gamma_{ki} \leq A_k^{d*};$$

$$\gamma_n = \sum_{i=1}^{n_k} \gamma_{ni} \leq \gamma_n^*.$$

### 2.1. Обогащение в минеральной суспензии

Критерий: стабилизация заданной зольности концентрата при ограничениях на его потери с отходами:

$$A_{k1}^d \leq A_{k1}^{d*} = \text{const}, \gamma_{n1} \leq \gamma_{n1}^*.$$

### 2.2. Обогащение отсадкой

Критерий: стабилизация заданной зольности концентрата при ограничениях на потери с отходами и зольность отходов:

$$A_{k2}^d \leq A_{k2}^{d*} = \text{const}, \gamma_{n2} \leq \gamma_{n2}^*, A_{02}^d \geq A_{02}^{d*}.$$

### 2.3. Флотация

Критерий: стабилизация заданной зольности флотоконцентрата при ограничениях на зольность отходов:

$$A_{k3}^d \leq A_{k3}^{d*} = \text{const}; A_{03}^d \geq A_{03}^{d*}.$$

### 3. Обезвоживание флотоконцентрата.

Критерии: минимизация влажности кэка при согласованности производительности флотационного и фильтровального отделений:

$$W_1 \rightarrow \min, Q_{\phi o} = Q_{\phi c}.$$

### 4. Сушка концентрата.

Критерии: стабилизация заданной влажности концентрата и максимизация КПД и производительности при ограничениях на выбросы  $\{C_i\}$ :

$$W_2 = W_2^* = \text{const}, \eta \rightarrow \max, Q_c \rightarrow \max, C_i \leq C_i^*, i = 1, 2, \dots, 5,$$

$$Q_c \leq (1 - \xi^0) Q_c^*, \xi^0 = \sum_{i=1}^5 K_i^* (C_i^* - C_i) \text{sgn}[C_i^* - C_i],$$

где  $K_i^*$  – коэффициент, учитывающий плату за выбросы (штрафной коэффициент);  $Q_c, Q_c^*$  – текущая и заданная производительность сушильной установки;  $C_1$  – пыль,  $C_2$  – зола,  $C_3$  – CO,  $C_4$  – NO,  $C_5$  – SO.

5. Внутренний трубопроводный транспорт (водно-шламовая система).

Критерии: поддержание содержания твердого  $\beta$  в оборотной воде при ограничении на плотность сгущенного продукта:  $\beta \leq \beta^*, \rho \leq \rho^*$ , где  $\beta^*$  и  $\rho^*$  – заданные величины содержания твердого и плотности. Поскольку транспортная подсистема является одной из важных в ИАСУ ОФ, то необходимо также сформировать основные критерии планирования и управления входного, выходного транспортного потока, а также транспортного потока для породного комплекса.

6. Входной транспортный поток. Под входным транспортным потоком подразумевается ж/д транспорт, а также трубопроводный, конвейерный и смешанный. Пусть  $T_1^i$  – время приема под разгрузку ж/д состава с р/у;  $T_2^i$  – время расцепления вагонов ж/д состава;  $T_3^i$  – время разгрузки ж/д состава;  $T_4^i$  – время формирования порожняка (своего и МПС).

Тогда общее время обслуживания входного потока есть

$$T^i = \sum_{k=1}^v T_k^i.$$

Критерий:  $T^i \rightarrow \min$  при  $T^i \leq T^{i*}$  – нормативное (заданное) время обслуживания.

7. Выходной транспортный поток.

Пусть  $T_1^0$  – время подачи состава под погрузку и расцепку (своего и МПС);  $T_{2j}^0$  – время погрузки и взвешиваний  $j$ -го вагона  $j=1, \dots, k$ ;  $k$  – количество вагонов в составе); причем  $T_2^0 = \sum_{j=1}^k T_{2j}^0$  – соответствующее суммарное время;  $T_3^0$  – время формирования состава для отправления.

Тогда общее время обслуживания всего выходного потока реализации товарного продукта есть  $T^0 = T_1^0 + T_2^0 + T_3^0$

Критерий:  $T^0 \rightarrow \min$  при  $T^0 \leq T^{0*}$  – заданное (нормативное) время обслуживания выходного потока.

8. Породный комплекс. Пусть  $n$  – общее количество всех необходимых транспортных единиц:  $n = \sum_{i=1}^N n_i$ , где  $n_i$  – количество однотипных транспортных единиц;  $N$  – количество групп транспортных единиц;  $g_i$  – грузоподъемность транспортной единицы  $i$ -ой группы;  $r_{ji}$  – количество рейсов в смену  $j$ -ой транспортной единицей  $i$ -ой группы, причем  $j = 1, \dots, n$ .

Тогда  $V_j = \sum_{i=1}^N g_i r_{ji}$  – производительность  $j$ -ой транспортной единицы;  $V_0 = \sum_{j=1}^n V_j$  – производительность (объем) перевозок всеми транспортными единицами в смену;  $V_0, V_0^*$  – текущий и нормативный объем породных отходов, вывозимых в отвал;  $\Pi_{ji}$  – стоимость одного рейса  $j$ -ой транспортной единицы  $i$ -ой группы, а  $\Pi_0 = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^N r_{ji} \Pi_{ji} = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^n r_{ji} \Pi_{ji}$  – общая стоимость всех транспортных перевозок породы.

Критерий: требуется оценить возможное минимальное значение  $n$  из условий:  $\Pi_0 = \sum_{j=1}^n \Pi_j \rightarrow \min$  при  $V_0 \geq V_0^*$  или

$f(n_1, n_2, \dots, n_N) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^n r_{ji} \Pi_{ji} \rightarrow \min$  по всем  $\{n_i\}$  при фиксированном  $N$  и  $n = \sum_{i=1}^N n_i, V_0 \geq V_0^*$ .

Приведенные задачи относятся к переборным (комбинаторным), однако для их решения в данной работе предложен более простой подход – метод имитационного моделирования.



### 4.3. Оптимизация экономико-экологического управление предприятием

При создании систем экономико-экологического мониторинга (СЭЭМ) любого уровня исследование наиболее рационального соотношения между производством, потребителем и объемом загрязнения окружающей среды (ОС) явилось актуальной эколого-экономической проблемой. Для этого можно использовать теорию производственных функций, комплексное моделирование и методы теории оптимального управления. Здесь важно также решить и задачу оптимального контроля над загрязнением ОС [3,86-90].

Итак, пусть задана функция полезности (ФП)  $V(P, C)$ , зависящая от 2-х аргументов (ресурсов):  $P$  - объем потребления,  $C$  - объем загрязнения, которые могут быть векторными величинами. При этом требуется, чтобы выполнялись следующие условия:

$$\left. \frac{\partial V}{\partial P} > 0, \frac{\partial V}{\partial C} < 0, \frac{\partial^2 V}{\partial P^2} < 0, \frac{\partial^2 V}{\partial C^2} < 0, \lim_{P \rightarrow 0} \frac{\partial V}{\partial P} = \infty \right\} \quad (4.8)$$

Сделаем еще одно предположение о характере функции  $V(P, C)$ , связанное с явлением «замещения». А именно, если потребление  $P$  уменьшается на некоторую величину  $\Delta P$ , то для того чтобы значение ФП не изменилось, требуется объем загрязнения  $C$  также уменьшить на некоторую величину  $\Delta C$ . Как в случае производственных функций (ПФ), данный эффект определяется предельной нормой замещения:

$$S = \frac{dC}{dP} = - \frac{\partial V}{\partial P} / \frac{\partial V}{\partial C}. \quad (4.9)$$

Наше предположение, накладываемое на ФП  $V(P, C)$ , будет состоять в том, что при малом уровне потребления для возмещения уменьшения  $P$  на одну единицу требуется уменьшить объем  $C$  загрязнения на очень большую величину, и наоборот, при неограниченном возрастании  $P$  величина  $\Delta C$ , необходимая для возмещения одной единицы потребления, стремится к нулю. Это означает, что линии уровня функции  $S$ , определяемые уравнениями вида,  $S(P, S) = S_0$  где  $S_0 > 0$ , носят характер гипербол. Кривая  $C = f_c(P, S_0)$ , определяемая данным уравнением, должна обладать следующими свойствами:  $\lim_{P \rightarrow 0} f_c(P, S_0) = \infty$ ,  $\lim_{P \rightarrow \infty} f_c(P, S_0) = 0$  и  $f_c(P, S_0)$  монотонно убывает при возрастании  $P$ .

Так как  $S = \partial C / \partial P$  и  $dC/dP = -\partial S / \partial P / \partial S / \partial C$ , то условие монотонного убывания функции  $f_c(P, S_0)$  можно задать как  $-\frac{\partial S}{\partial P} / \frac{\partial S}{\partial C} < 0$  или, вычисляя частные производные функции  $S = S(P, C)$ , получим условие

$$\left( \frac{\partial^2 V}{\partial P^2} - \frac{\partial V / \partial P}{\partial V / \partial C} \cdot \frac{\partial^2 V}{\partial P \partial C} \right) \left( \frac{\partial^2 V}{\partial C^2} \cdot \frac{\partial V / \partial P}{\partial V / \partial C} - \frac{\partial^2 V}{\partial P \partial C} \right) < 0.$$

Данное условие справедливо, в частности, если  $\partial^2 V / \partial P \partial C \leq 0$ .

Примером ФП, удовлетворяющей указанным условиям, служит функция  $V(P, C) = aP^\alpha - bC^\beta$ , где  $a, b > 0$ ;  $0 < \alpha < 1$ ;  $\beta > 1$ .

В качестве критерия, подлежащего максимизации, принимается функционал:

$$J(P, C) = \int_0^T V(P, C) e^{-\gamma t} dt, \quad (4.10)$$

где  $P \equiv P(t)$ ,  $C \equiv C(t)$  и  $\gamma$  – дисконтирующий показатель.

Рассмотрим задачу контроля за загрязнением с помощью процессов очистки. В качестве ФП рассмотрим неоклассическую однопродуктовую двухфакторную функцию  $Y = \Phi(K, L)$ , где  $K$  – объем основного капитала,  $L$  – объем трудовых ресурсов. Заметим, что приведенные выкладки можно обобщить и на случай большого числа ресурсов, в частности, включая информационную базу знаний как наиболее важный ресурс (см. раздел 5).

Предполагаем, что основные фонды (капитал) амортизирует с постоянным темпом  $\mu > 0$ , а для простоты положим, что  $L = const$ , т.е. не изменяется во времени ( $L=0$ ). Случай, когда  $L \neq const$  также рассмотрен в разделе 2.

Загрязнение и загрязнитель не используются в производстве как полезный продукт, а является его побочным продуктом. Считаем, что объем загрязнителя прямо пропорционален объему продукта производства и составляет от него долю  $\varepsilon$ ,  $0 < \varepsilon < 1$ . Примерами подобного производства могут служить металлургия, угольная промышленность и т.д. Таким образом, загрязнение измеряется в тех же единицах, что и основная продукция.

Как известно, ОС обладает определенной способностью ассимилировать отходы производства. Будем считать, что естественная

убыль отходов в каждый момент времени составляет долю от их общего количества.

ПЭС (предприятие), в свою очередь, может выделить часть произведенного общественного продукта на борьбу с загрязнением. Предполагается, что эффективность затрат на уменьшение загрязнения постоянна. При этом затрата одной единицы продукции уменьшает загрязнение на  $\delta$  единиц ( $\delta > 1$ ).

Задача управления состоит в определении долей  $\alpha(t)$  и  $\beta(t)$  выпуска, предназначенных на потребление и борьбу с загрязнением соответственно [90].

Итак, имеем следующую эколого-экономическую модель системы:

$$\begin{cases} P = \alpha\Phi(K, L) \\ \dot{K} = \Phi(K, L) - \alpha\Phi(K, L) - \beta\Phi(K, L) - \mu K \\ \dot{C} = \varepsilon\Phi(K, L) - \delta\beta\Phi(K, L) - \xi C, \end{cases} \quad (4.11)$$

где  $0 \leq \alpha(t) \leq 1$ ,  $0 \leq \beta(t) \leq 1$ ,  $\alpha(t) + \beta(t) \leq 1$ .

Задача оптимального управления (4.10) и (4.11) – это задача оценки вектора  $u(t) = (\alpha(t), \beta(t))$ , которую можно решать, например, используя принцип максимума Понтрягина или метод динамического программирования.

Обозначим через  $\psi_1$  двойственную переменную, соответствующую уравнению (4.11), т.е.  $\psi_1(t)$  – объективно обусловленная оценка капитала  $K(t)$  в момент  $t$ , через  $\psi_2$  – объективно обусловленную оценку загрязнения  $C(t)$  (см. уравнение (4.11)).

Введем гамильтониан  $H$  для задачи (4.10), (4.11) в виде:

$$H(\alpha, \beta) = V(P, C)e^{-\rho t} + \psi_1 [(1 - \alpha - \beta)\Phi(K, L) - \mu K] + \psi_2 [\varepsilon\Phi(K, L) - \delta\beta\Phi(K, L) - \xi C].$$

Сопряженная (двойственная) система уравнений примет теперь вид:

$$\begin{cases} \dot{\psi}_1 = -\left\{ \frac{\partial V}{\partial P} \alpha \frac{\partial \Phi}{\partial K} e^{-\eta} + \psi_1 \left[ (1 - \alpha - \beta) \frac{\partial \Phi}{\partial K} - \mu \right] + \psi_2 (\varepsilon - \delta \beta) \frac{\partial \Phi}{\partial K} \right\}, \\ \dot{\psi}_2 = -\frac{\partial V}{\partial C} e^{-\eta} + \psi_2 \xi. \end{cases}$$

перенормируя двойственные оценки, как  $q_1 = \psi_1 e^{\eta}$  и  $q_2 = \psi_2 e^{\eta}$ , будем иметь сопряженную систему в виде:

$$\begin{cases} \dot{q}_1 = -\frac{\partial V}{\partial P} \alpha \frac{\partial \Phi}{\partial K} + q_1 \left[ \gamma + \mu - (1 - \alpha - \beta) \frac{\partial \Phi}{\partial K} \right] + q_2 (\varepsilon - \delta \beta) \frac{\partial \Phi}{\partial K}, \end{cases} \quad (4.12)$$

$$\begin{cases} \dot{q}_2 = -\frac{\partial V}{\partial C} + q_2 (\xi + \gamma), \end{cases} \quad (4.13)$$

а гамильтониан  $H$  равен:

$$H = e^{-\eta} \left\{ V(\alpha \Phi(K, L), c) + q_1 [(1 - \alpha - \beta) \Phi(K, L) - \mu K] + \right. \\ \left. + q_2 [(\varepsilon - \delta \beta) \Phi(K, L) - \xi C] \right\}.$$

Согласно принципу максимума [83], если управление  $u(t) = (\alpha(t), \beta(t))$  оптимально, то существуют непрерывные функции  $q_1(t)$  и  $q_2(t)$ , удовлетворяющие (4.12) и (4.13). При этом функции  $\alpha(t)$  и  $\beta(t)$  максимизируют значение гамильтониана  $H$  в момент времени  $t$ .

Максимизацию функции  $H$  можно свести к максимизации выражения:

$$\varphi(\alpha, \beta) = \varphi_0(\alpha) + \theta \beta, \text{ где } \alpha, \beta \geq 0, \alpha + \beta \leq 1 \text{ и}$$

$$\varphi_0(\alpha) = V(\alpha \Phi(K, L), C) - q_1 \alpha \Phi(K, L),$$

$$\theta = -(q_1 + q_2 \delta) \Phi(K, L).$$

В случае  $\theta > 0$  очевидно, что максимум функции  $(q)$  достигается при  $\alpha + \beta = 1$ . Если  $\theta < 0$ , то максимум  $\varphi(\alpha, \beta)$  достигается при  $\beta = 0$ . Когда  $\theta = 0$ , то  $\beta$  — произвольно, а  $\alpha$  либо равно 1, либо является решением уравнения  $\frac{\partial \varphi_0}{\partial \alpha} = 0$ .

Полный анализ поведения оптимальных траекторий в данной модели довольно сложен, поскольку здесь имеется два управляющих параметра. Однако, зная, какую важную роль играют при описании

оптимальных траекторий точки равновесия, попытаемся ответить на следующий вопрос.

Существуют ли в данной модели траектории сбалансированного роста (точки равновесия), удовлетворяющие необходимым условиям принципа максимума, и сколько их? Существует ровно две точки равновесия. В одном из таких положений никаких средств на борьбу с загрязнением не тратится. Такое состояние модели назвали «равновесием темного века». Оно характеризуется высоким уровнем производства (большим объемом основного капитала), высоким уровнем потребления и крайне высоким уровнем загрязнения, который регулируется лишь естественными процессами очистки. Состояние равновесия, в котором производятся расходы, как на потребление, так и на борьбу с загрязнением, называют «равновесием золотого века». От равновесия темного века оно отличается более низкими уровнями капитала, потребления и загрязнения. Состояние равновесия описывается уравнениями  $\dot{K} = 0$ ,  $\dot{C} = 0$ , т.е.

$$(1 - \alpha - \beta)\Phi(K, L) = \mu K, \quad (4.14)$$

$$(\varepsilon - \delta\beta)\Phi(K, L) = \xi C. \quad (4.15)$$

Поскольку величина  $K$  в состоянии равновесия постоянна и, естественно, положительна, то из (4.15) вытекает, что сумма  $(\alpha + \beta)$  соответствующих оптимальных управлений постоянна и строго меньше 1. Следовательно,  $\alpha < 1$ ,  $\beta < 1$ , и имеет место случай  $\theta \leq 0$ . Из (4.15) получаем, что в точке равновесия управление  $\beta$  (а, следовательно, и  $\alpha$ ) постоянно. Поскольку  $\alpha < 1$ , то  $\partial\varphi_0/\partial\alpha = 0$ , т.е.

$$\frac{\partial V(\alpha\Phi(K, L), C)}{\partial P} = q_1. \quad (4.16)$$

Отсюда вытекает, что функция  $q_1(t)$  является константой. Формула (4.15) показывает, что в таком случае  $q_2(t)$  также постоянна. Из формулы (4.16) получаем выражение  $q_2$  через функцию  $V$ :

$q_2 = \frac{1}{\xi + \gamma} \cdot \frac{\partial V}{\partial C}$ . Тогда уравнение (4.16) принимает вид:

$$q_1 \left( \gamma + \mu - \frac{\partial \Phi}{\partial K} + \beta \frac{\partial \Phi}{\partial K} \right) - q_2 (\varepsilon - \delta\beta) \frac{\partial \Phi}{\partial K} = 0. \quad (4.17)$$

#### **4.4. Модели оптимизации инвестиционных проектов предприятия в условиях рисков**

***Введение и общая постановка проблемы.*** Во многих задачах финансово-экономической сферы, в частности, в задачах маркетинга, менеджмента, финансово-банковских операций, инвестиций в различные проекты и др. возникает необходимость принятия решений (ПР). Проблема ПР осложняется тем, что ее приходится решать в условиях неопределенности (УН). Неопределенность может носить различный характер. Неопределенными могут быть осознанные действия противоборствующих стороны, направленные на уменьшение эффективности принимаемых противником решений. Например, конкурирующие на одном рынке фирмы осуществляют действия, приводящие к реализации своих интересов и препятствующие в этом конкурентам. Неопределенность может относиться к ситуации риска, в которой сторона, принимающая решение, в состоянии установить не только все возможные результаты всех решений, но и вероятности их появления. В ситуации, когда известны все последствия всевозможных решений, но неизвестны их вероятности, т.е. неизвестны вероятности возможных состояний окружающей среды, решения приходится принимать в условиях полной неопределенности. Наконец, неопределенностью может обладать цель решаемой задачи, когда показатель эффективности решения характеризуется единственным числом и не всегда отражает достаточно полную картину. При выборе решения в УН всегда присутствует фактор действия наудачу без обоснованной уверенности в успехе, т.е. выбор решения в УН всегда сопряжен с риском. Риск неизбежно присутствует в различных хозяйственных операциях (коммерческий риск), в выполнении предприятием определенного заказа (производственный риск), в выполнении фирмой финансовых обязательств перед инвестором (кредитный риск), в решении купить акции или др. ценные бумаги, т.е. в формировании инвестиционно-финансового портфеля (инвестиционный риск), в решениях поместить деньги в банк (финансовый риск) и др. [96-98].

Модели эколого-экономического управления (ЭЭУ), учитывающие влияние стохастических воздействий, должна отражать степень, с которой эти экзогенные силы могут повлиять на конечные результаты моделирования. Если результаты моделирования решающим образом зависят от экзогенных стохастических воздействий и в ма-

лой степени испытывают влияние взаимодействия экономических переменных, модель не представляет интереса. С другой стороны, если учет стохастических эффектов оказывает малозаметное влияние на качественные результаты, то стохастические факторы могут быть полностью исключены из анализа. Однако флуктуации могут играть решающую роль в развитии экономики, даже если развитие определяется детерминированными механизмами. Влиянием флуктуаций на детерминированное развитие нельзя пренебречь в случае, если детерминированные уравнения рассматриваются вблизи критических точек.

Для ПР в условиях стохастической неопределенности, т.е. при случайности исходной информации критерий оптимальности можно определить следующим образом.

Пусть эффективность системы оценивается функцией полезности (ФП)

$U(x, \xi)$ , где  $x$  - вектор состояния системы, а  $\xi$  - вектор состояния внешней среды (ВС),  $x \in D$  - множество допустимых решений (состояний). Если наблюдение над состоянием  $\xi$  ВС выполнено до момента ПР, то решение должно быть выбрано в зависимости от  $\xi$  и наилучшим решением для данного  $\xi$  является решение следующей задачи[98]:

$$U(x, \xi) \rightarrow \max, \quad x \in D, \quad (4.18)$$

Решением задачи является  $x^*(\xi) = \text{Arg max } U(x, \xi)$  при заданном  $\xi$ .

Если решение принимается до наблюдения над состоянием ВС (т.е. условие полной неопределенности), то оно может быть лишь детерминированным и, следовательно, не может быть решением задачи (4.18) при каждом значении  $\xi$ . В этом случае применяют известные детерминированные критерии выбора: Вальда, Сэвиджа, Гурвица, Лапласа и т.п.

Если  $\xi$  принимает конечное множество значений  $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_m$ , с вероятностями  $\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_m$ , то искомое решение необходимо найти как решение задачи

$$F(x) = \sum_{k=1}^m \rho_k U(x, \xi_k) \rightarrow \max, \quad x \in D. \quad (4.19)$$

Или, в общем случае,  $F(x) = M_{\xi} \{U(x, \xi) \rightarrow \max, x \in D\}$ , т.е. максимизирует ожидаемое значение эффективности решения.

Конечно, возможны и другие критерии выбора решения. Например, можно максимизировать вероятность превышения некоторого заданного уровня эффекта, т.е.  $F(x) = P\{U(x, \xi) \geq u_0\} \rightarrow \max, x \in D$ , или минимизация ситуации «банкротства» в виде

$$F(x) = 1 - P\{U(x, \xi) \geq u_0\} \rightarrow \min, x \in D.$$

**Постановка задачи.** Пусть выделен некоторый объем капитала

$K = \sum_{i=1}^n K_i$  для инвестирования ряда проектов(мероприятий):

$\Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_n$ , а  $e_1, e_2, \dots, e_n$ , соответствующие им эффективности (доходности), причем они представляют собой случайные величины со следующими вероятностными характеристиками:  $m_1, m_2, \dots, m_n$  – среднее ожидаемое значение дохода;  $\sigma_1^2, \sigma_2^2, \dots, \sigma_n^2$  – их среднеквадратическое отклонение (СКО),  $V_{ij} = \text{cov}[e_i, e_j]$  – коэффициенты вариации, т. е. оценки взаимовлияния,  $i, j = 1, 2, \dots, n$ . Заметим, что  $v_{ii} = \sigma_i^2$ .

$$\text{Тогда } m_0 = \sum_{i=1}^n x_i m_i, \quad \sigma_0^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n v_{ij} x_i x_j,$$

где

$$x_i = K_i / K, \quad m_0 = M\{e_0\}, \quad \sigma_0^2 = M\{(e_0 - m_0)^2\},$$

$$e_0 = \sum_{i=1}^n x_i e_i, \quad \text{cov}(e_i, e_j) = M\{(e_i - m_i) \cdot (e_j - m_j)\}.$$

Пусть  $U(m_0, \sigma_0^2)$  – функция полезности принятия решения  $x^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*)$ . В частности,  $U(m_0, \sigma_0^2) = am_0 + b\sigma_0^2$ ,  $a \geq 0$ ,  $b \leq 0$ , и задача ПР имеет вид:  $U(m_0, \sigma_0^2) \rightarrow \max_x$ .

При этом значения пары коэффициентов  $a$  и  $b$  задаются лицом, принимающего решение, и этот выбор зависит от его знаний и психологии.

Итак, задачу оптимизации инвестиционного проектирования в дискретном случае можно представить в следующих трех вариантах:



$$1) \quad m_0 \rightarrow \max_{\{x_i\}}, \quad \sigma_0^2 \rightarrow \min_{\{x_i\}}, \quad \sum x_i = 1, \quad x_i \geq 0$$

$$2) \quad m_0 \rightarrow \max, \quad \sigma_0^2 \leq \sigma_*^2, \quad \sum x_i = 1, \quad x_i \geq 0$$

$$3) \quad m_0 \geq m_0^*, \quad \sigma_0^2 \rightarrow \min, \quad \sum x_i = 1, \quad x_i \geq 0.$$

Решение этих задач осуществляются методом множителей Лагранжа или его модифицированным вариантом[3].

**Динамический (непрерывный) случай.** Рассмотрим теперь векторный процесс риска  $e(t)$  (напр., эффективность, левверидж, процесс прибыли и др.) как динамический риск, который удовлетворяет стохастическому дифференциальному уравнению вида:

$$\dot{e}(t) = F(t)e(t) + G(t)w(t) + u(t),$$

а наблюдения за ним как векторный случайный процесс  $z(t)$  вида:

$$z(t) = H(t)e(t) + v(t).$$

Здесь  $w(t)$  и  $v(t)$  – случайные внешние возмущения (нормальные "белые шумы") с нулевыми средними и ковариационными матрицами

$$\text{cov}[w(t), w(s)] = Q(t)\delta(t-s),$$

$$\text{cov}[v(t), v(s)] = R(t)\delta(t-s)$$

$$\text{cov}[w(t), v(s)] = 0,$$

для всех  $t$  и  $s$ , а  $u(t)$  – вектор управления риском  $e(t)$ .

Векторы  $e$ ,  $u$ ,  $w$ ,  $v$ ,  $z$  имеют размерности  $(n \times 1)$ ,  $(n \times 1)$ ,  $(p \times 1)$ ,  $(r \times 1)$ ,  $(r \times 1)$  соответственно. Матрицы  $F$ ,  $G$ ,  $H$  имеют размерности  $(n \times n)$ ,  $(n \times p)$ ,  $(n \times r)$  соответственно. Предполагается, что  $Q$  и  $R$  – симметричные непрерывно – дифференцируемые матрицы, имеющие размерности  $(p \times p)$  и  $(r \times r)$ . Предполагается также, что матрицы  $F$ ,  $G$ ,  $H$ ,  $Q$  и  $R$  уже идентифицированы.

Пусть наблюдения  $\{z(s)\}$  ведутся на интервале  $0 \leq s \leq t$ . Требуется найти оценку вектора (риска)  $e(t)$  в виде  $y(t) = \int_0^t A(t,s)z(s)ds$ ,

так чтобы минимизировать  $E[(e - y)^T(e - y)]$  при ограничениях

$E[y_i^2] \leq a_i^2(t)$ ,  $i = \overline{1, n}$ , где  $a_i^2(t)$  - заданные функции ограничений на риск.

Решение данной задачи без учета ограничений можно получить, используя известный фильтр Калмана-Бьюси. Пусть  $q(t)$  обозначает

оптимальную линейную оценку  $e(t)$  без учета ограничений, а  $y(t)$  обозначает оптимальную оценку с учетом ограничений. Очевидно,

$$y(t) \equiv q(t), \text{ если } E[q_i^2(t)] \leq a_i^2(t), \quad i = \overline{1, n} \quad (4.20)$$

Поскольку  $y$  и  $q$  являются линейными оценками по  $z$ , то

$$y(t) = \int_0^t C(t, s) q(s) ds, \quad t \geq 0 \quad (4.21)$$

где  $C$  матрица размерности  $(n \times n)$ . Тогда из (4.18) вытекает, что

$$C(t, s) = I \delta(t - s), \text{ если } E[q_i^2(t)] \leq a_i^2(t), \quad i = \overline{1, n},$$

где  $I$  – единичная матрица.

Введем множители Лагранжа  $\lambda_i(t)$ ,  $i = \overline{1, n}$ , так чтобы:

$$\lambda_i(t) \equiv 0, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad \forall t \quad \text{при} \quad E[y_i^2(t)] < a_i^2(t),$$

$$\lambda_i(t) > 0, \quad \text{в остальных случаях.}$$

Рассмотрим следующее выражение:

$$J = \text{Trace} \left\{ E[(e - y)(e - y)^T] + \Lambda(t) (E[yy^T] - A) \right\}, \quad (4.22)$$

где  $\Lambda(t) = \text{diag}(\lambda_i(t))$  и  $A = \text{diag}(a_i^2(t))$ .

Таким образом, задача сводится к определению такого вектора  $y(t)$ , который минимизирует  $J$ , причем  $y(t)$  определяется равенством (4.21).

Справедливо следующее **утверждение**. Если  $q(t)$  минимизирует функционал  $\text{Trace} \left\{ E[(e - q)(e - q)^T] \right\}$ , то  $y(t) = [I + \Lambda(t)]^{-1} q(t)$  минимизирует функционал  $J$ .

**Доказательство.** Перепишем (4.22) в виде

$$J = \text{Trace} \left\{ E[ee^T] - E[ye^T] - E[ey^T] + E[yy^T] + \Lambda E[yy^T] - \Lambda A \right\}$$

Используя равенство (4.19), получаем

$$\begin{aligned} J(c) = & \text{Trace} \left\{ E[ee^T] - \int_0^t C(t, s) E[q(s) e^T(t)] ds - \int_0^t E[e(t) q^T(s)] C^T(t, s) ds + \right. \\ & \left. + [I + \Lambda] \int_0^t \int_0^t C(t, s) E[q(s) q^T(s')] C(t, s') ds ds' - \Lambda A \right\} \end{aligned}$$

Необходимое условие минимума данного функционала имеет вид

$$\delta J(c) = 0,$$

где  $\delta J(c)$  обозначает вариацию функционала  $J(c)$  для произвольно малой вариации  $\delta C$ . Итак,

$$0 = \delta J(c) = \text{Trace} \left\{ - \int_0^t \delta C(t, s) E[q(s) e^T(t)] ds - \int_0^t E[e(t) q^T(s)] \delta C^T(t, s) ds + \right. \\ \left. + [I + \Lambda] \int_0^t \int_0^t \delta C(t, s) E[q(s) q^T(s')] C^T(t, s) + C(t, s) E[q(s) q^T(s')] \delta C(t, s') ds ds' \right\}.$$

Поскольку  $q(t)$  известна, т.е. является оценкой Калмана-Бьюси, то

$$E[(e(t) - q(t)) q^T(s)] = 0, \quad s \leq t$$

или

$$E[e(t) q^T(s)] = E[q(t) q^T(s)] \quad (4.23)$$

Учитывая (4.23) и (4.21), получим

$$0 = \text{Trace} \left\{ \int_0^t ([I + \Lambda(t)] E[y(t) q^T(s)] - E[q(t) q^T(s)]) \delta C^T(t, s) ds - \right. \\ \left. - \int_0^t \delta C(t, s) E[q(s) q^T(t)] ds + [I + \Lambda(t)] \int_0^t \delta C(t, s) E[q(s) y^T(t)] ds \right\}.$$

Используя свойства операций транспонирования и вычисления следа.

Имеем, что

$$0 = \text{Trace} \left\{ 2 \int_0^t ([I + \Lambda(t)] E[y(t) q^T(s)] - E[q(t) q^T(s)]) \delta C^T(t, s) ds. \right.$$

Поскольку  $\delta C$  произвольная вариация, то необходимое условие минимума  $J(c)$  принимает вид

$$0 \equiv [I + \Lambda(t)] E[y(t) q^T(s)] - E[q(t) q^T(s)] \quad (4.24)$$

Подставляя в (4.24)  $y(t)$  из (4.21), получаем далее

$$E[q(t) q^T(s)] \equiv [I + \Lambda(t)] \int_0^t C(t, s') E[q(t) q^T(s')] ds'. \quad (4.25)$$

Таким образом, из (4.25) следует, что

$$C(t, s) = [I + \Lambda(t)]^{-1} \delta(t - s). \quad (4.26)$$

Подставляя (4.26) в (4.21) имеем окончательно

$$y(t) = [I + \Lambda(t)]^{-1} q(t). \quad (4.27)$$

Нетрудно убедиться, что оценка  $y(t)$ , определяемая соотношением (4.27), именно минимизирует функционал  $J(c)$ . Действительно, подставив (4.27) в (4.22), получаем

$$J = \text{Trace} \left\{ E[ee^T - (I + \Lambda)^{-1} eq^T - (I + \Lambda)^{-1} qe^T + (I + \Lambda)^{-1} qq^T] - \Lambda \Lambda \right\},$$

$$J = \text{Trace} \left\{ (I + \Lambda)^{-1} E \left[ (e - q)(e - q^T) \right] + \left[ I - (I + \Lambda)^{-1} \right] E \left[ e e^T \right] - \Lambda \Lambda \right\} \quad (4.28)$$

Поскольку оценка  $q(t)$  является условным средним вектором  $e(t)$ , то она, очевидно, минимизирует выражение (4.28). Итак, можно выписать уравнение оптимального линейного фильтра, учитывающего ограничения:

$$\frac{dq(t)}{dt} = [F(t) - K_1(t)H(t)]q(t) + K_1(t)Z(t), \quad (4.29)$$

$$K_1(t) = P_1(t)H^T(t)R^{-1}(t), \quad (4.30)$$

$$\frac{dP_1(t)}{dt} = F(t)P_1(t) + P_1(t)F^T(t) - P_1(t)H^T(t)R^{-1}(t)H(t)P_1(t) + G(t)Q(t)G^T(t), \quad (4.31)$$

$$P_1(0) = \text{cov}[e(0), e(0)], \quad (4.32)$$

$$P_1(t) \triangleq \text{cov}[e - q, e - q], \quad (4.33)$$

$$T_1(t) \triangleq \text{cov}[q, q], \quad (4.34)$$

$$\frac{dT_1(t)}{dt} = F(t)T_1(t) + T_1(t)F^T(t) + P_1(t)H^T(t)R^{-1}(t)H(t)P_1(t), T_1(0) = 0. \quad (4.35)$$

$$y(t) = [I + \Lambda(t)]^{-1} q(t), \quad (4.36)$$

или

$$y_i(t) = q_i(t) / (1 + \lambda_i(t)), \quad i = \overline{1, n}, \quad (4.37)$$

Множители  $\lambda_i(t)$  могут быть получены следующим образом:

1)

$$\left\{ t : E[q_i^2(t)] < a_i^2(t) \right\}, \quad \lambda_i(t) \equiv 0 \quad (4.38)$$

2) в остальных случаях

$$\lambda_i(t) = (E[q_i^2(t)] / a_i^2(t))^{1/2} - 1 = \left( (T_1)_i / a_i^2 \right)^{1/2} - 1. \quad (4.39)$$

Таким образом, чтобы получить оценку  $y(t)$  динамического риска  $e(t)$ , нужно вначале выписать оценки (4.29)-(4.36). Затем следует получить  $\Lambda(t)$  согласно (4.38), (4.39) и тогда  $y(t)$  определяется из (4.37). Оценку вектора управления  $u(t)$  теперь можно получить, используя известную теорему разделения из теории оптимального стохастического управления[4].

#### 4.5. Проблема моделирования динамики риска при многокритериальной оптимизации и в условиях неопределенности

Многокритериальная задача оптимизации при неопределенности (МЗН) рассматривается как кортеж вида:

$$\langle X, Y, f(x, y) \rangle, \quad (4.40)$$

где альтернативы (т.е. решения) есть вектор  $x \in X \subset R^n$ , вектор неопределенности это  $y \in Y \subset R^m$ , а  $f_i(x, y)$  ( $i \in N = \{1, \dots, N\}$ ) - компоненты векторного критерия  $f(x, y)$ . В задаче (1) ЛПР стремиться выбрать альтернативу  $\hat{x} \in X$  таким образом, чтобы достичь одновременно возможно *больших* значений компонента вектора  $f(x, y)$ . При этом ЛПР учитывает возможность реализации любой возможной неопределенности  $y \in Y$ .

Векторная функция риска (ВФР) по принципу Сэвиджа определяется как

$$\phi_i(x, y) = \max_{z \in X} f_i(z, y) - f_i(x, y), i \in N \quad (4.41)$$

где  $\phi(x, y) = (\phi_1(x, y), \dots, \phi_N(x, y))$ .

ВФР на основе «векторного» подхода определяется как

$$\phi_i(x, y) = f_i(g(y), y) - f_i(x, y), i \in N, \quad (4.42)$$

где функция  $g(y)$  определена на множестве  $Y$  значений неопределенностей  $y$  и при каждом  $y \in Y$  значение функции  $g(y)$  является максимальным по Слейтеру решением многокритериальной задачи:

$$\langle X, \{f_i(x, y)\} i \in N \rangle. \quad (4.43)$$

Тогда ВФР есть вектор  $\phi = (\phi_1, \dots, \phi_N)$ , определенный в (4.42). Заметим, что (4.43) для каждого  $y \in Y$  является  $N$  – критериальной задачей.

*Модель конкуренции в условиях риска.* Рассматриваются множества  $X$  и  $Y$  – как множества решений двух конкурирующих экономических систем, а сравнение качества функционирования этих систем происходит по одним и тем же критериям  $(F_1, F_2, \dots, F_N) = F$ , причем  $F_i$  есть функционал, определенный на альтернативах обеих систем, т. е.  $F_i : X \rightarrow R$ ; а также  $F_i : Y \rightarrow R$ .

Тогда математическую модель конкуренции можно представить в виде

$$\langle X, Y, F(x) - F(y) \rangle, \text{ т. е. } f(x, y) := F(x) - F(y).$$

При этом первая система за счет выбора альтернативы  $\hat{x} \in X$  стремится к увеличению всех компонентов вектора

$F(x) - F(y) = (F_1(x) - F_1(y), \dots, F_N(x) - F_N(y))$ , а вторая система за счет выбора  $\hat{y} \in X$  стремится к их уменьшению.

Обобщенную динамическую модель МЗН («односторонний случай») представим в виде  $\langle S, U, Z, J(U, Z, t_0, x_0) \rangle$ , где  $S$  – управляемая система:  $S: \dot{x} = f(x, u, z)$ ,  $x(t_0) = x_0$ , в частности,

$$S: \dot{x} = A(t)x + B(t)u + C(t)z, x(t_0) = x_0.$$

Здесь  $U$  есть множество стратегий у ЛПП;  $Z$  – множество неопределенностей;  $J_i(U, Z, t_0, x_0)$  –  $i$ -ая компонента векторного критерия  $J = (J_1, \dots, J_N)$ , в частности,

$$J_i(U, Z, t_0, x_0) = \Gamma_i(t_k, x(t_k)) + \int_{t_0}^{t_k} F_i(t, x(t), u[t], z[t]) dt, \quad i = 1, 2, \dots, N.$$

Принятие решений в условиях неопределенности и динамики рисков представлен как кортеж

$$\langle X, Y, F(x, y) \rangle,$$

где

$x \in X \subset R^n$ ;  $y \in Y \subset R^m$ ;  $F = (f_1, \dots, f_N)$ ;  $X \times Y \rightarrow R$ ,  $i = \overline{1, N}$ , причем

$$\begin{cases} \dot{x} = \phi_x(x, a) \\ \dot{y} = \phi_y(y, b) \end{cases} \text{ или } \begin{cases} \dot{x} = \varphi_x(x, y, a) \\ \dot{y} = \varphi_y(x, y, b) \end{cases}.$$

Векторы параметров задаются как  $a \in A$ ,  $b \in B$ . Здесь функцию риска также можно определить как:

$$\phi_i(x, y) = \max_{z \in X} f_i(z, y) - f_i(x, y)$$

и тогда  $\phi(x, y) = (\phi_1(x, y), \dots, \phi_N(x, y))$  есть векторная функция риска.

В общем виде динамическая многокритериальная задача в условиях неопределенностей можно представить как набор:

$\langle S^0, X, U, \Xi, Q, J, X_0, X_T \rangle$ , где динамика системы  $S^0$  описывается дифференциальным уравнением относительно вектора состояния

$x(t) \in X$ ;  $U$  есть множество стратегий  $U$  у ЛПР;  $\Xi$  - множество неопределенностей;  $J_i(\cdot)$  —  $i$ -я компонента векторного критерия  $J(\cdot) = (J_1(\cdot), \dots, J_N(\cdot))$ , в частности, критерии  $J_i(\cdot)$  имеют вид линейно-квадратичной формы;  $Q$  — множество системных параметров, подлежащих определению в ходе оценивания динамики риска;  $X_0$  и  $X_T$  — множества начальных и конечных состояний системы;  $x(t) = (x_1(t), \dots, x_n(t))$  — вектор состояния рассматриваемой сложной системы и удовлетворяет дифференциальному уравнению:

$$\dot{x}(t) = f(x(t), u(t), w(t), q, t), \quad t \geq t_0, \quad x(t_0) = x_0 \in X_0.$$

В частности, риск рассматривается как векторный стохастический процесс  $e(t)$  в динамике, который удовлетворяет линейному стохастическому дифференциальному уравнению вида:  $\dot{e}(t) = F(t)e(t) + G(t)w(t) + u(t)$ , а наблюдения за ним как векторный случайный процесс  $z(t)$  вида:  $z(t) = H(t)e(t) + v(t)$ . Здесь  $w(t)$  и  $v(t)$  — случайные внешние возмущения (нормальные "белые шумы") с заданными вероятностными характеристиками, а  $u(t)$  — вектор управления риском  $e(t)$  [3].

## ГЛАВА 5. СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ АНТИКРИЗИСНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЕМ.

### 5.1. Проблемы антикризисного управления промышленным предприятием

*Введение.* Современный этап развития мировой цивилизации требует кардинального изменения парадигмы общественного прогресса, радикально нового характера действий во всех областях человеческой деятельности (экономики, социальной сферы, экологии, инновационных и информационных технологий и т.д.). Производственно-экономические системы в своем функционировании и развитии должны обеспечивать потребности людей без выхода за допустимые экологические пределы, т.е. стать принципиально иными (биосферосовместимыми). А это проблема более сложная, чем просто переход к рыночной экономике, которая никак не может считаться экологобезопасной, ибо это качество ей еще предстоит обрести. В целом, экономическая стратегия развития должна перестать рассматривать окружающую среду лишь как ресурс своего экспоненциального роста, и превратиться в хозяйственный фундамент поддержания благоприятных условий для человека.

Реформирование экономической системы (ЭС) с доминированием государственной собственности и плановых централизованных начал к конкурентной рыночной экономике (РЭ) с преобладающей частной собственностью (либо наоборот) сопровождается сложнейшими переходными процессами. Хотя оба типа этих систем не существуют в «чистом» виде, разница между ними носит фундаментальный характер[3].

Математические модели для РЭ давно разрабатываются и относительно хорошо изучены, чего нельзя сказать о моделях плановой и, тем более, трансформационной экономики (ТЭ). Последние не могут быть сведены (даже в принципиальном плане) к моделям классического типа, поскольку они должны отражать в себе основные черты обеих ЭС.

Производственно-транспортный комплекс (ПТК) является разновидностью производственно-экономической системы (ПЭС), т.к. любая экономическая система может быть представлена как совокупность ресурсов и процессов, т.е.  $ЭС = \langle r, p \rangle$ , где  $r \in R$  – сово-



купность ресурсов, а  $p \in P$  – совокупность процессов преобразования и обработки, причем в качестве  $p$  обычно выступает как производственно-информационные, так и транспортные процессы. В условиях трансформационной экономики как множество  $R$ , так и  $P$  функционирует в условиях нестабильной и трудноформализуемой информации, информационной неопределенности и рисков. ПТК можно также представить как взаимосвязанная структура, состоящая из производственной подсистемы (П), транспортной подсистемы (ТС) и системы управления и менеджмента (СУ), т.е.  $ПТК = \langle П, ТС, СУ \rangle$ , ПТК – динамичный микроэкономический объект, который функционирует во времени и пространстве макроэкономической среды. ПТК является одним из основных компонент логистических систем управления промышленного предприятия (ПП). Рассмотрение ПТК как логистической системы оправдано тем, что по одному из определений [81]: “логистика – наука о планировании, контроле и управлении транспортированием, складированием и другими материальными и нематериальными операциями, совершаемыми в процессе доведения сырья и материалов до производственного предприятия, внутризаводской переработки сырья, материалов и полуфабрикатов, доведения готовой продукции до потребителя в соответствии с интересами и требованиями последнего, а также передачи, хранения и обработки соответствующей информации”. Принципиальное отличие логистического подхода к управлению материальными потоками от традиционного заключается в интеграции транспортного и производственного процесса в единую систему, способную адекватно реагировать на возмущения внешней среды, т.е. интеграция техники, технологии, экономики, методов планирования и управления потоками.

Процесс перехода к новым экономическим отношениям предусматривает новый этап разработки теоретических и методологических основ для систем управления и принятия экономических решений. Это требует широкого применения новейших методов принятия решений на уровне математического и программного обеспечения с учетом методов современных информационных технологий.

Любое предприятие, которое функционирует в условиях трансформации экономики или в рыночной среде, осуществляет свою деятельность в условиях определенного риска и неопределенности, т.е. в условиях нестабильной экономической среды уровни факторов риска и неопределенности повышаются, и деятельность предприятия

может оказаться неэффективной и обусловить наступление кризиса предприятия. Но кризисное состояние предприятия не является финалом деятельности предприятия. Даже когда предприятие находится в кризисном положении, есть возможность использовать определенный комплекс мероприятий, моделей и методов, которые могут помочь предприятию преодолеть кризис и возобновить эффективную деятельность. Этот комплекс составляет основу антикризисного управления.

Однако, огромный потенциал, что заложен в основу антикризисного управления, до сих пор достаточно не используется в практике управления предприятиями. В последнее время много можно узнать о том, что даже большие предприятия находятся в кризисном состоянии, на грани банкротства, о больших задолженностях и производственной несостоятельности предприятий[4]. Эта тенденция свидетельствует о том, что проблемам антикризисного управления на сегодня уделяется недостаточно внимания; успешный опыт предприятий, которым удалось преодолеть кризис и возобновить эффективную деятельность, не распространяется и остается вне поля зрения менеджеров и руководителей предприятий.

В связи с этим возникает необходимость исследований для решения одной из наиболее актуальных проблем, которая является новой для нашего общества, - проблемы антикризисного управления предприятием. Однако, эволюционный процесс в системах управления характеризуется многими факторами и условиями и поэтому его можно описать как некоторый кортеж множеств «эволюций» ( $\mathcal{E}$ ) систем автоматического и автоматизированного управления, компоненты которого определяют уровни развития теории, методов, моделей, технических средств реализации и т.п.[2], т.е.  $\mathcal{E} = \{\mathcal{E}_1, \mathcal{E}_2, \dots, \mathcal{E}_K\}$ , где  $\mathcal{E}_1$  – различные теории (ТАР, ТАУ, Теория нечетких систем и инженерия знаний, Теория когнитивных процессов и интеллектуального управления, Теория синергетического и нелинейного управления и др.),  $\mathcal{E}_2$  – различные методы (Методы обработки данных (временных рядов, процессов, полей), моделирования (идентификации), анализа, оптимизации, синтеза и др.),  $\mathcal{E}_3$  – модели (Модели описания процессов и полей, Модели представления данных и знаний, Модели многокритериальных отношений и др.),  $\mathcal{E}_4$  – техническая база (контроллеры и регуляторы, компьютерная и микропроцессорная техника, транспьютерная техника и т.д.). Основополагающим фактором при всем этом является проблема ин-

формационной неопределенности, т.е. информационное состояние процессов управления и принятия решений: детерминированность, стохастичность, расплывчатость и смешанная неопределенность, а также степень наличия и объем информации до и в процессе принятия решений. Например, в своем развитии АСУ ТП прошли следующие стадии: АСУ ТП, функционирующие в режиме советчика лицу, принимающего решение (ЛПР) или оператору; АСУ ТП supervisory типа с регулятором прямого действия; АСУ ТП, работающие в режиме непосредственного цифрового управления, т.е. без регулятора; АСУ ТП на основе теории инвариантных, адаптивных, обучающихся и самообучающихся, робастных и др. автоматизированных систем.

*Итак*, основные проблемы современного управления производственно-экономическими системами (предприятия, комплексы, корпорации и т.п.) заключаются в наличии и необходимости учета следующих факторов, усложняющих процессы принятия решений:

- это «НЕ – факторы» (нелинейность, неустойчивость и нестабильность, непредсказуемость, незамкнутость (открытость), нестационарность, неопределенность, нечеткость и рискованность ситуации, недетерминированность и хаотичность, неравновесность, необратимость, неоднозначность и др.);

- это «МНОГО – факторы» (многомерность, многокритериальность, многосвязность, многопараметричность и др.), а также необходимость учета кризисных ситуаций и конкуренций, экологические факторы, процессы глобализации и др.

В данном разделе работы как раз получен ряд результатов в решении проблем моделирования и управления предприятием в системе эколого-экономического мониторинга на основе современных технологий с учетом указанных факторов.

## **5.2. Особенности использования информационных технологий в антикризисном управлении предприятием**

*Структура системы типа "X", концепция и принципы создания.* Современная эколого-экономическая обстановка в условиях перехода к рыночным отношениям требует нового подхода к планированию, управлению и мониторингу производственных процессов ПТК. Этот подход затрагивает все аспекты экономики ПТК: организации производства и сбыта, интеграции всех процессов мониторин-

га, управления и принятия решений в новой информационной среде. Такие интегрированные компьютеризированные системы позволят более оперативно и гибко принимать различные управленческие решения, поставлять на рынок продукцию нужного качества, с меньшими затратами и, самое главное, с учетом экологической ситуации в зоне промышленного производства.

Интегрированная интеллектуальная компьютеризированная система (далее - системы типа "X"), предложенная в данной работе, является информационной системой, построенной на основе принципов системного подхода и концепции 4-х "И" [1,3], т.е. с максимальной интеграцией, интеллектуализацией, индивидуализацией и единой информационной базой, принципом максимального учета "НЕ - и МНОГО" - факторного синтеза, а также максимально возможной экологизацией производственных процессов (концепция "4-х "И" + 2"). Системы типа "X" относятся к классу больших и сложных логистических систем.

Основными направлениями интеграции подсистем в системе "X" являются следующие:

- интеграция баз данных и знаний и создание единого банка данных с распределенной обработкой;
- техническая интеграция и создание неоднородной локальной информационно-компьютерной сети АРМ и рабочих станций;
- математическая, алгоритмическая и программная интеграция по уровням иерархии.

Направлениями и уровнями интеллектуализации в системе являются:

- интеллектуализация АРМ всех уровней;
- интеллектуализация регуляторов на основе активных экспертных систем со смешанной базой знаний, в том числе с нечеткой;
- интеллектуализация интерфейсов программных пакетов системы;
- интеллектуализация задач проектирования, контроля и диагностирования объектов углеобогачительной технологии.

**Структура системы управления ОФ.** Структура системы управления претерпевает соответствующие изменения, вытекающие из критерия оперативного управления. ОФ как объект управления по-прежнему остается трехуровневым с соответствующими сферами управления: организационно-экономическая деятельность, производство в целом и технологические процессы.

Для управления фабрикой следует использовать интегрированную АСУ (ИАСУ), в которой нижний уровень образуют АСУ технологическими процессами (АСУТП), средний уровень — автоматизированная система оперативно-диспетчерского управления (АСОДУ), система организационно-экономического и экологического управления фабрикой (АСОЭ и ЭУ). Структура ИАСУ ОФ приведена на рис. 5.1.

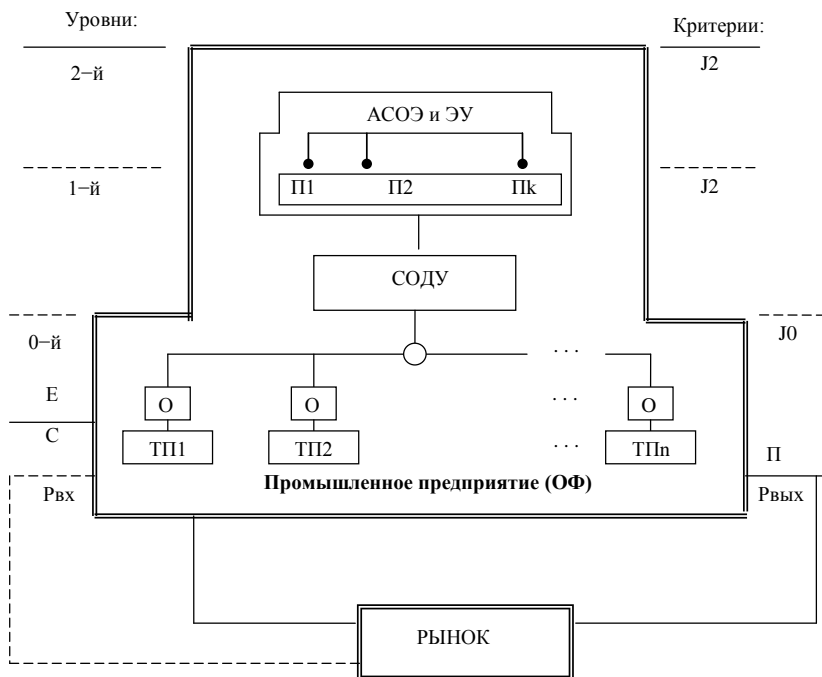


Рис. 5.1. Структура ИАСУ ОФ

**Обозначения:**  $П1, \dots, Пk$  – подсистемы АСОЭ и ЭУ;  $О1, \dots, Оn$  – оператор/технолог;  $ТП1, \dots, ТПn$  – технологические процессы;  $С$  – сырье и ресурсы;  $П$  – товарный продукт;  $Рвх$  – вектор параметров сырьевой базы;  $Рвых$  – вектор параметров товарного продукта.

В АСУТП целесообразно выделить подсистемы по технологическому принципу (углеподготовка, основные процессы обогащения, водно-шламовая система, погрузка). Автоматизация отдельных функций технологических процессов осуществляется с помощью

локальных систем автоматического управления, а комплексы процессов, объединенных в технологические отделения, — с помощью АРМ оператора. Причем наиболее важные и сложные комплексы могут иметь свои АРМ по отдельным, наиболее ответственным процессам, например, для процесса флотации в составе комплекса процесса обогащения. К функциям технологических процессов относятся поддержание уровней в технологических емкостях, плотности разделения в тяжелосредних установках, температуры сушильных газов, дозирование реагентов и т.п.

Общее управление технологическими процессами включает контроль над работой оборудования, диагностику его состояния, сигнализацию, пуск, останов и другие. Эти функции осуществляются ИАСУ, являющимися верхним уровнем иерархии по отношению к локальным САУ.

ИАСУ используют опыт и интуицию специалистов по управлению процессами (комплексами), которые формируются в базе знаний. Благодаря этому операторы низкой квалификации могут управлять сложными процессами. По мере накопления опыта база знаний может пополняться и корректироваться. Технической базой ИАСУ являются различные ПК. Все АРМ объединены в локальную вычислительную сеть (ЛВС). В эту же сеть подключен АРМ диспетчера фабрики, осуществляющего общее управление производством и координацию функционирования отдельных участков и производств.

ИАСУ позволяет управлять технологическими процессами и принимать решения при нечеткой информации об их состоянии. Для каждого технологического процесса ИАСУ, по существу, являются гибридным регулятором.

Такие системы управления эффективны при любом уровне оснащения процессов средствами автоматизации. Функциональная структура гибридной системы управления приведена на рис. 5.2.

Практически все технологические процессы на промышленном предприятии оснащены автоматическими регуляторами отдельных простых функций (высота отсадочной постели, плотность суспензии и др.), а качество конечных продуктов зависит от нескольких режимных параметров. В таких случаях ЛПР исполняет роль регулятора качества, используя локальные САУ для достижения цели управления. В случае отсутствия локальных САУ управляющие воздействия осуществляют операторы соответствующих процессов.

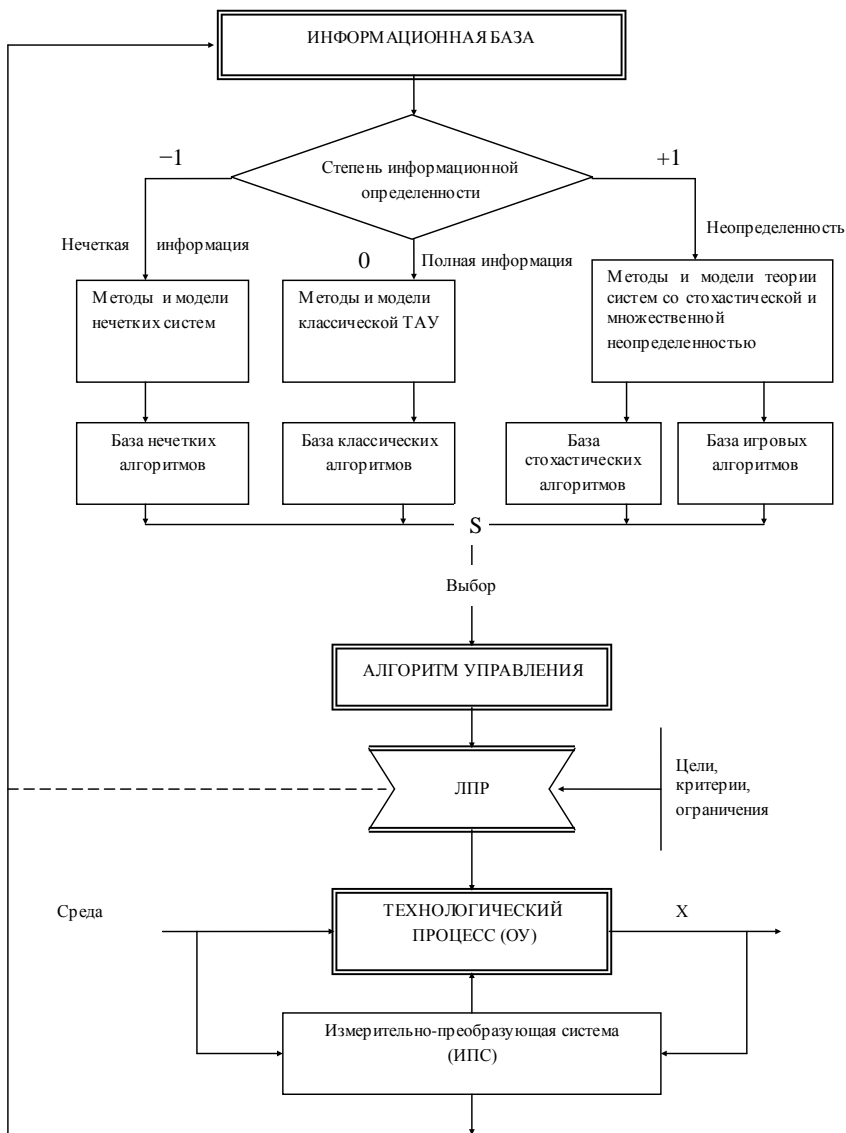


Рис. 5.2. Функциональная структура гибридной системы управления в ИАСУ

Если используются более совершенные системы автоматического управления качеством конечных продуктов (зольность, влажность,

концентрат и т.п.), функции ЛПР заключаются в наблюдении за работой САУ и оборудования, его вмешательство необходимо только при нарушении условий нормального функционирования аппаратуры или ее отказа.

Диспетчер фабрики управляет производством в реальном масштабе времени через оперативный персонал фабрики и иногда лично определяет маршруты и запускает линии технологического оборудования (например, поточно-транспортную систему).

Все АРМ подсистемы организационно-экономического управления объединены в локальную вычислительную сеть (рис. 5.2), которая с ЛВС нижнего и среднего уровней образует общую вычислительную сеть фабрики. Одной из главных здесь является подсистема экологического мониторинга, которая выполняет функции контроля над загрязнением атмосферы, воды и почвы, учитывает вредные выбросы, подлежащие контролю со стороны природоохранных органов, формирует базу данных по экологическим вопросам, автоматизирует подготовку документов статистической отчетности, контролирует выполнение плана мероприятий по совершенствованию техники и технологии и повышению экологической безопасности.

***Структура локальной системы эколого-экономического управления промышленным предприятием (СЭЭУ ПП).*** Обобщенная структурная схема синтезируемой СЭЭУ ПП представлена на рис. 5.3.

В состав системы входят подсистемы автоматизации учета, планирования, управления, менеджмента и маркетинга, мониторинга, контроля и др.

В разрабатываемой интегрированной системе учтены все основополагающие подсистемы логистической системы ОФ, а именно: АСОЭ и ЭУ с элементами искусственного интеллекта и на единой информационной базе, которая включает подсистему менеджмента, подсистему экологического мониторинга и подсистему маркетинга; АСОДУ; производственно - транспортную подсистему, управляемые АСОДУ и АСУ ТП на базе гибридных (гибких) ЭС с нечеткой БЗ.



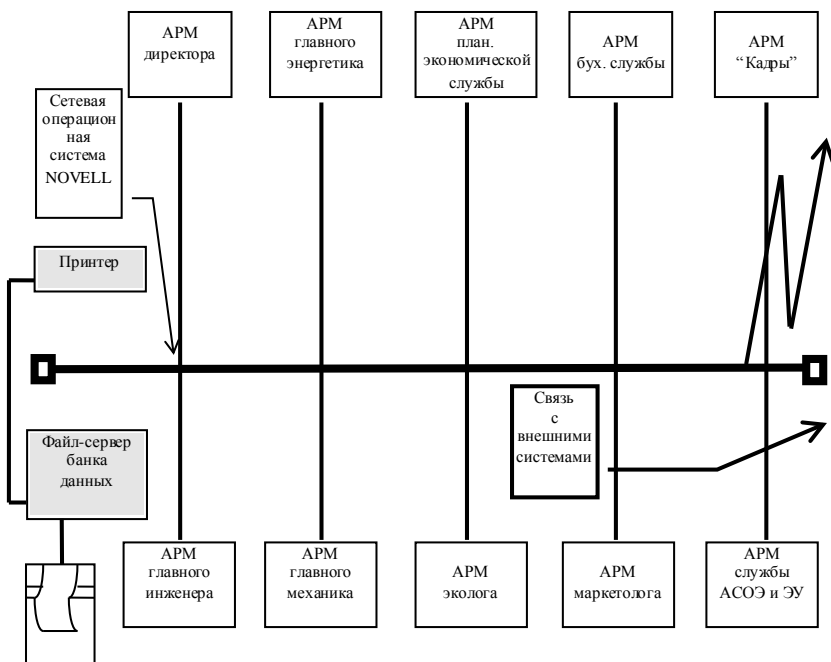


Рис. 5.3. Локальная компьютерная сеть автоматизированных рабочих мест

**Синтез интегрированной автоматизированной системы организационно-экономического и экологического управления (АСОЭ и ЭУ).** Основным принципом, заложенным в основу разработки АСОЭ и ЭУ, является программно-техническая и информационная интеграция, и интеллектуализация процессов принятия управленческих решений на базе современных информационных технологий и, в частности, сети АРМ.

Системный экономический анализ и выработка управляющих воздействий по управлению ОФ многосторонни и сложны, предполагают обработку большого объема информации, требуют значительных трудовых затрат и времени. Кроме того, переход к рыночной экономике ужесточает требования к оперативности управления, ведет к структурным изменениям в информационных потоках, как во внутренних, так и во внешних связях предприятия.

Повышение эффективности системы управления ОФ на современном этапе невозможно без применения вычислительной техники на всех уровнях иерархии и с учетом внешних связей. Однако на

действующих ОФ информационные и управленческие процессы осуществляются без должного учета экологических аспектов и широкого применения современной компьютерной техники и информационно-управленческих технологий. Обобщенная структурная схема системы эколого-экономического управления источником загрязнения представлена на рис.5.4.

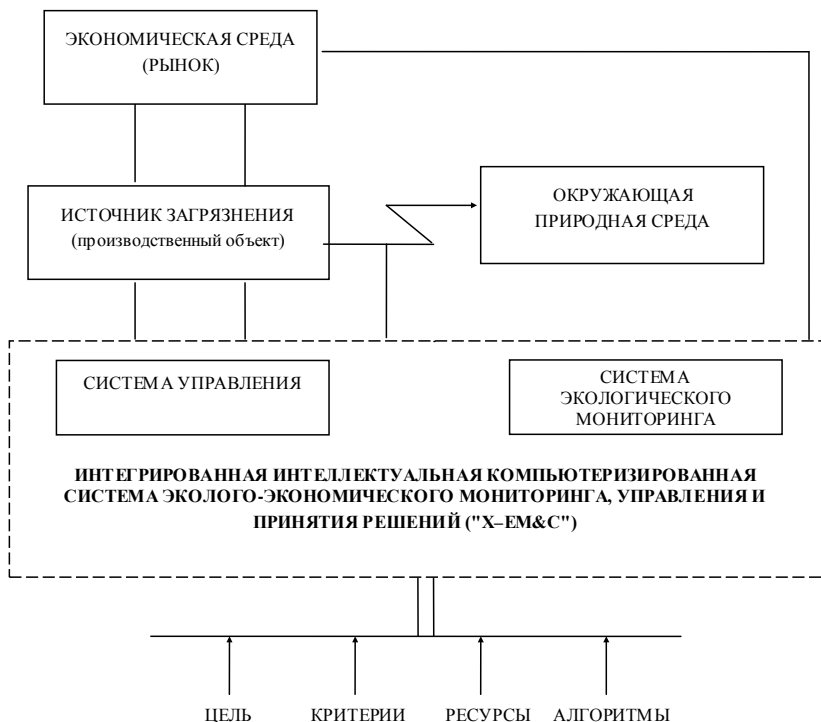


Рис. 5.4. Обобщенная структурная схема системы эколого-экономического управления источником загрязнения

Потоки информации в системе управления фабрикой не равномерны во времени. На рис.5.5 приведена логистическая система ЭЭМУ ОФ. Наибольший объем первичной информации о результатах работы производства приходится на конец смен, на первую смену, конец и начало месяца. Обработка информации по основным задачам производится в центральных вычислительных центрах. Это приводит к разрыву информационных потоков, подготовке первичной инфор-

мации одними работниками, передаче, вводу ее и обработке — другими.

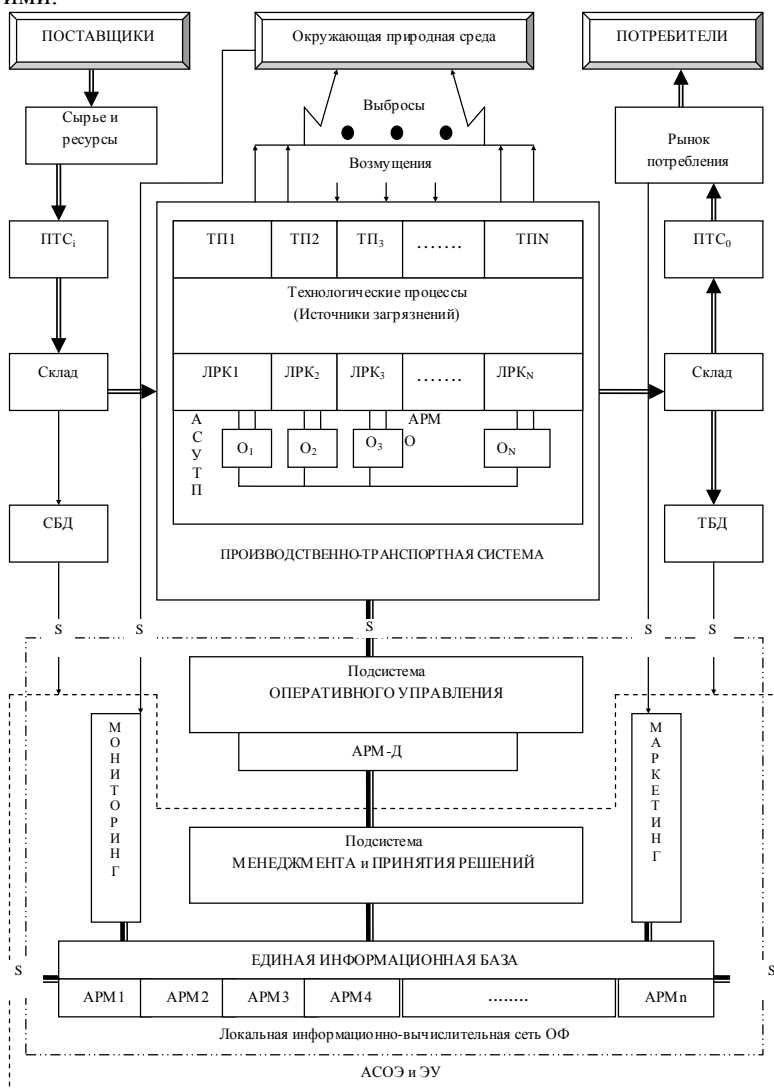


Рис. 5.5. Логистическая система ЭЗМУ ОФ

Затем документация с задержкой возвращается к потребителю, требует проверки, повторной обработки при возникновении ошибок, что значительно снижает оперативность анализа информации и ведет к неэффективному управлению ресурсами. Значительные потоки информации, документации, формируемой ограниченным составом управленческого персонала, ведение большого количества учетной документации, дублирование информации в различных вспомогательных документах не позволяют осуществлять оперативный и компьютерный анализ работы предприятия и технико-экономическое и оперативно-производственное планирование.

Проблема управления осложняется частыми изменениями нормативов, увеличением информационных связей с внешними организациями, изменением внешних структур, необходимостью адаптации нормативов к реальным условиям конкретной фабрики.

Основным критерием функционирования ПП (ОФ) является прибыль, определяющаяся состоянием и характеристиками используемых ресурсов: стоимостью сырья, затратами на оборудование, стоимостью энергоресурсов, материальными и трудовыми затратами. Этот ресурсный принцип положен в основу исследования организационной и функциональной структур ОФ, ее документооборота и алгоритмов обработки информации.

Анализ задач административно-хозяйственной деятельности ОФ, основанный на экономических критериях, позволяет провести декомпозицию организационной структуры фабрики на отдельные подсистемы, адекватные следующим службам ОФ: производственной; планово-экономической; бухгалтерской; энергомеханической; сбыта и реализации продукции; экономической.

Принципы больших систем позволяют совместить функциональную структуру фабрики со структурой интегрированной автоматизированной системы эколого-экономического управления, состоящих из автоматизированных рабочих мест на базе ПК, объединенных в информационно-вычислительную сеть. Функциональная структура АСОЭ и ЭУ ОФ представлена на рис. 5.6.

Применение ЛВС ЭВМ позволит: автономное использование ПЭВМ при организации отдельных АРМ с замкнутым циклом обработки данных; информационный обмен между отдельными АРМ с помощью печатных документов; ввод данных, подготовленных на одном АРМ, с клавиатуры ПЭВМ и обработку на другом; информационный обмен между отдельными АРМ с помощью машинных

накопителей (магнитных дискет); информационный обмен между отдельными ПЭВМ и АРМ в автоматическом режиме и др.

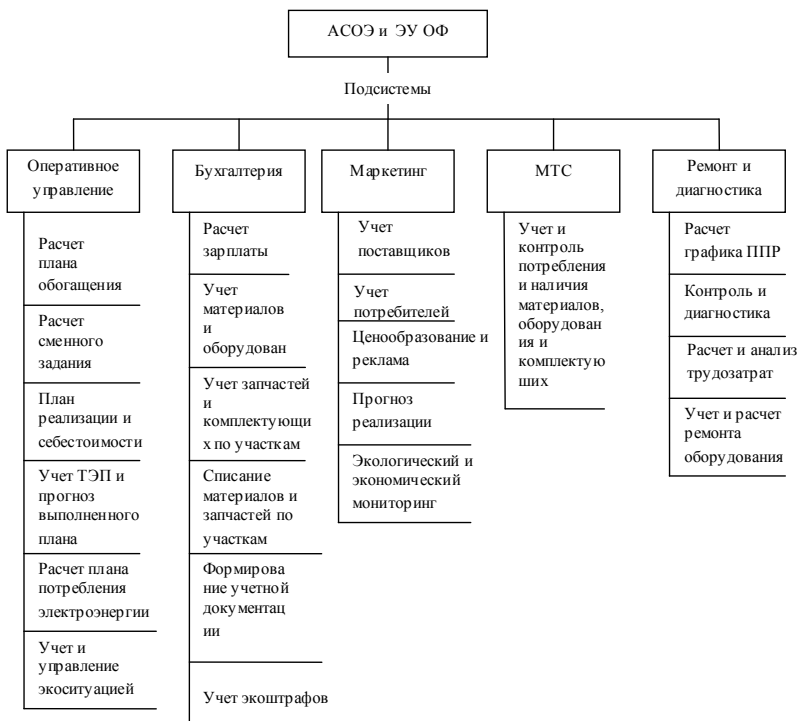


Рис. 5.6. Функциональная структура АСОЭ и ЭУ ОФ

Разработанная ЛВС АСОЭ и ЭУ предназначена в первую очередь для управления организационно-экономической (офисной) деятельностью ОФ. Такая сеть объединения отдельных, разрозненных вычислительных ресурсов в интегрированное целое, позволяет получить качественно новую систему, в которой можно решать значительно более широкие задачи.

ЛВС АСОЭ и ЭУ разработана с целью обеспечения доступа к распределенным базам данных и к совокупным вычислительным ресурсам с любого рабочего места. Система рабочих станций базируется на ресурсах и сервисных средствах определенного сервера сети.

В этом случае распределение сервисной службы и сетевые вычислительные ресурсы предоставляются определенным группам пользователей и находятся в распоряжении любого пользователя ОФ.

Так, выходная информация планово-экономической службы ОФ используется в АРМ директора и главного инженера фабрики для контроля основных показателей работы по поступлению угля, его переработке, выпуску и отгрузке концентрата.

Используя машинный информационный обмен применяемой ЛВС ПЭВМ, администрация ОФ получает доступ к информационной базе любого АРМ вычислительной сети для своевременного анализа, контроля и управления предприятием, минуя традиционную бумажную технологию предоставления оперативной информации (ежесуточная сводка планово-экономической службы директору ОФ об основных показателях производственной деятельности). Бухгалтерская служба ОФ, в свою очередь, также связана в ЛВС планово-экономической службы при определении величины себестоимости выпускаемой продукции по всем статьям затрат.

Основные требования к ЛВС автоматизированных рабочих мест ОФ представляют собой множество критериев и параметров, предъявляемых к аппаратной и программной платформам сети.

Общая информационно-компьютеризированная сеть всей ИАСУ ОФ, согласно рис. 5.5, представлена на рис. 5.7.

Некоторые АРМ, представленные на рис. 5.7, в свое программное обеспечение включают соответствующие блоки принятия управленческих решений, т.е. имеют элементы интеллектуальности на основе ЭС.

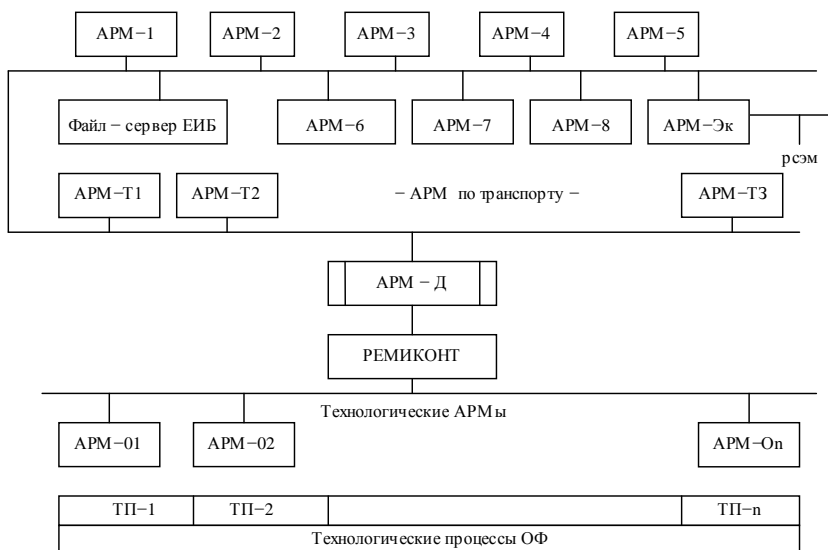


Рис. 5.7. Структура информационно-компьютерной сети рабочих мест интегрированной системы ЭЭМУ ОФ

**Автоматизация оперативного планирования и диспетчерского управления ПП.** Целью оперативно-диспетчерского управления технологическими процессами ПТК ОФ как объекта с непрерывным и дискретно-непрерывным производством является обеспечение высококачественного и экологически чистого производства товарного продукта обогащения угля и безаварийного, ритмичного функционирования всего производственного цикла.

Автоматизированная система оперативно-диспетчерского управления предназначена для координации работы технологических отделений и участков и функционирует как перед запуском фабрики в работу, так и в течение всего периода работы. Обычно выделяют три подсистемы: координация работы технологических отделений и участков; запуск и остановка поточно-транспортной системы и оборудования; координация режимов работы и показателей комплекса процессов обогащения (рис. 5.8).

При использовании эколого-экономического управления фабрикой необходимо ввести подсистему контроля, диагностики и управления экологической ситуацией.

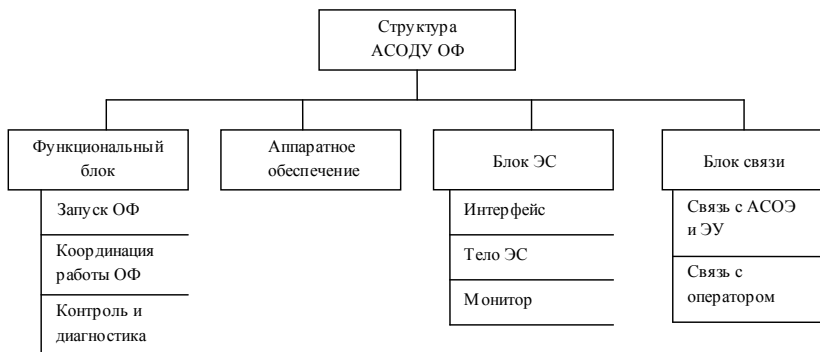


Рис. 5.8. Структурная схема АСОДУ ОФ

Основные функции подсистем АСОДУ приведены в табл. 5.1.

Т а б л и ц а 5.1

**Основные функции подсистем АСОДУ**

Наименование подсистемы	Функции
Координация работы технологических отделений и участков	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Определение запасов рядовых углей в бункерах, на подъездных путях и на подходе к фабрике.</li> <li>2. Определение запасов технической воды.</li> <li>3. Состояние оборудования и энергосистемы.</li> <li>4. Определение свободных емкостей в бункерах на погрузке, углеприеме-углеподготовке.</li> <li>5. Определение нагрузки на фабрику и на отдельные процессы.</li> <li>6. Выбор варианта шихты и определение времени непрерывной работы фабрики на этой шихте.</li> <li>7. Контроль за состоянием оборудования, нагрузкой на фабрику, энергопотреблением, качеством и количеством продукции.</li> <li>8. Формирование отчетной документации.</li> <li>9. Контроль над выполнением сменных заданий.</li> </ol>
Запуск и остановка поточно-транспортной системы (ПТС) и оборудования	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Выбор оборудования для работы.</li> <li>2. Автоматический запуск ПТС и оборудования.</li> <li>3. Координация работы операторов при запуске оборудования с мест.</li> <li>4. Остановка оборудования.</li> <li>5. Диагностика состояния оборудования.</li> <li>6. Сигнализация об аварийных и предаварийных ситуациях и принятие решений по предотвращению аварий.</li> </ol>



Продолжение таблицы 5.1

Координация режимов работы и показателей комплекса процессов обогащения	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Прогнозирование показателей обогащения.</li> <li>2. Выбор оптимальных режимов обогащения.</li> <li>3. Выбор режимов сгущения, обезвоживания и сушки.</li> <li>4. Контроль над функционированием комплекса процессов обогащения.</li> <li>5. Статистический учет результатов работы фабрики.</li> </ol>
Контроль над экологической ситуацией	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Контроль над выбросами вредных веществ в атмосферу.</li> <li>2. Обнаружение, регистрация и представление сообщений об отклонениях экологических параметров от нормы.</li> <li>3. Статистический учет выбросов вредных веществ в окружающую среду и анализ динамики выбросов.</li> <li>4. Идентификация модели объекта управления (по экологическим параметрам).</li> <li>5. Прогнозирование экологической ситуации.</li> <li>6. Принятие решений по управлению производством с учетом экологической ситуации.</li> </ol>

Основные функции подсистемы запуска и остановки используются в переходных режимах (временной признак), а в течение работы фабрики осуществляется лишь диагностика состояния оборудования.

Управление группой машин и механизмов предусмотрено с помощью микроконтроллеров, подключенных к общей магистральной линии. В эту же ЛВС должны подключаться микропроцессоры, управляющие отдельными технологическими процессами. Таким образом, создается общая база данных, используемых на всех уровнях управления, поскольку ЛВС верхнего и нижнего уровней объединяются в общую вычислительную сеть фабрики.

На первой стадии функционирования АСОДУ целесообразно установить информационно-справочный режим с отдельными фрагментами информационно-советующего класса. В дальнейшем необходимо довести систему до интеллектуального уровня, обеспечив, в частности, следующие функции: 1) автоматическое распознавание производственных ситуаций и формирование советов диспетчеру по управлению производством фабрики; 2) адаптация и обучение системы с целью расширения функций по идентификации ситуаций и автоматическое формирование управляющих воздействий; 3) программный запуск и остановка технологического оборудования фабрики с автодиагностикой и прогнозированием состояния и идентификаций неисправностей; 4) автоматическая оптимизация комплекса процессов обогащения; 5) автоматическое формирование отчетной и

статистической информации, анализ производственной деятельности и прогнозирование результатов работы.

***Автоматизированное рабочее место диспетчера ПП (ОФ).***

Традиционные АСОДУ непрерывных производств построены на основе классических методов "жесткого" планирования и управления. Однако предлагаемая в работе общая концепция систем типа "Х" также может и должна быть использована для разработки автоматизированного рабочего места диспетчера ОФ (АРМ-Д ОФ), основанного на ЭС с нечеткой базой знаний и современном техническом обеспечении. Структура, интерфейс и содержание АРМ диспетчера ОФ (рис. 5.9) реализованы по типовому АРМ. Центральной проблемой здесь является извлечение знаний экспертов и формирование нечеткой БЗ, а в качестве механизма вывода здесь можно применить традиционные обобщенные правила вывода. В АРМ-Д ОФ учитывается также гибридность поля информационных ситуаций.

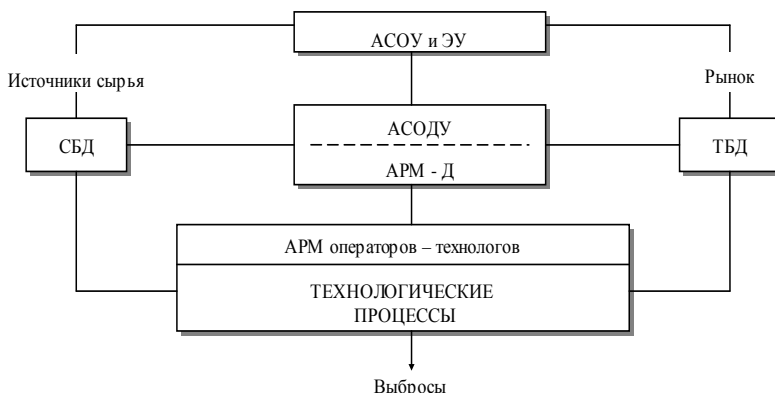


Рис. 5.9. Автоматизированное рабочее место диспетчера ОФ

***Автоматизация управления ТП ППНТ.*** АСУТП нижнего (нулевого) уровня необходимо выделять по технологическому признаку.

В соответствии с этим целесообразно создать АСУТП следующего назначения: углеприема-углеподготовки, комплекса процессов обогащения, погрузки, водошламовой системы, сушки. Структура АСУТП фабрики приведена на рис.5.10.

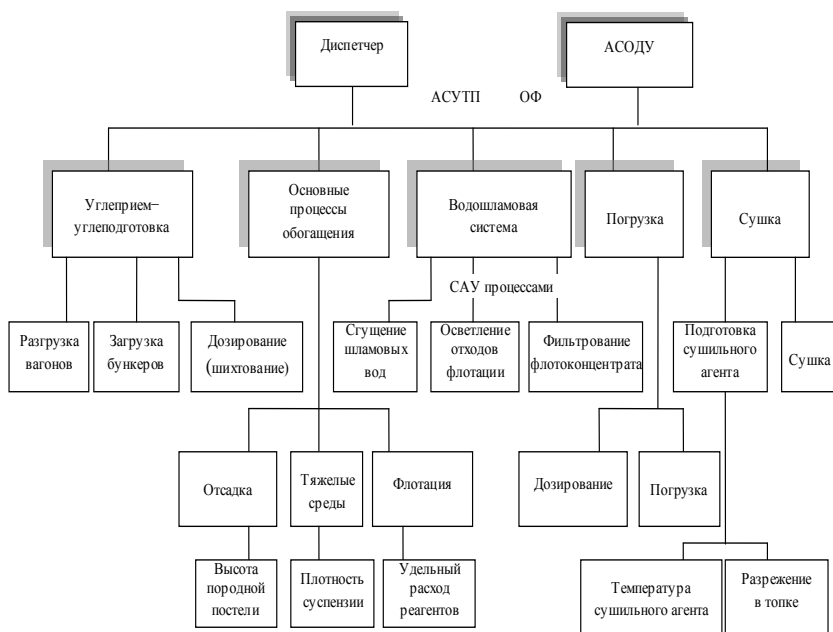


Рис. 5.10. Структура АСУТП ОФ

АСУТП каждого из технологических процессов выполняет функции по координации управления, автодиагностики состояния, сигнализации, идентификации, прогнозированию.

Управление технологическими процессами осуществляется САУ, для чего выполняется декомпозиция технологических процессов по функциональному признаку. При этом многие САУ могут быть также двухуровневыми. К ним относятся САУ процессами обогащения в различных аппаратах, сушка концентрата, его обезвоживание фильтрованием. Указания декомпозиции обусловлены тем, что сначала автоматизировались отдельные функции, обеспечивая стабилизацию режимных параметров, коррелированных с качеством конечных продуктов. Так, в отсадочных машинах используется регулятор высоты породной постели, в тяжелосредних установках — регулятор плотности суспензии и т.д.

При автоматическом управлении качеством (зольностью, влажностью и т.п.), регуляторы режимных параметров функционируют как следящие системы, задающие воздействия которых формируют-

ся системой автоматического управления качеством. Такое построение САУ указанных процессов целесообразно из-за низкой надежности средств контроля влажности и зольности, при этом необходимо предусматривать автоматический переход на стабилизацию режимного параметра, т.е. в автономный режим стабилизации САУ нижнего уровня. Для этого необходима идентификация ситуации, что может быть реализовано с помощью дополнительных датчиков контроля условий измерений.

АСУТП, кроме того, должна предусматривать возможность интеллектуализации. Поэтому технической базой АСУТП должны быть ПЭВМ, позволяющие создавать и использовать базы знаний.

***Интегрированная система эколого-экономического мониторинга, управления и принятия решений.*** Проблема совершенствования процессов оптимизации и управления природопользованием в Украине и других странах СНГ обусловлена экологическими трудностями экономических преобразований и роста, а также ухудшением природных условий воспроизводства трудовых ресурсов.

Экологическая ситуация в Луганской области также остается достаточно сложной. Например, стационарными источниками предприятий области было выброшено в атмосферный воздух 445,36 тыс.т. загрязняющих веществ. Однако снижение объема выбросов произошло преимущественно в промышленных городах и районах области и обусловлено, в первую очередь, спадом производства. Наибольшее количество загрязняющих веществ выбрасывается в атмосферный воздух в городах: Луганск (134,91 тыс. т), Алчевск (84,15 тыс. т), Краснодон (40,9 тыс. т), Стаханов (36,05 тыс. т), Лисичанск (20,98 тыс. т), Красный Луч (17,8 тыс. т).

Основными загрязнителями воздуха остаются предприятия энергетической, угольной и металлургической промышленности. Хотя их участие в общем количестве предприятий, которые загрязняют воздушный бассейн области, сравнительно незначительное (11%), тем не менее, ими выбрасывается около 80% вредных веществ. Для улучшения состояния атмосферного воздуха необходимо: укрепление технологической дисциплины на промышленных предприятиях; гашение породных отвалов, как постоянно действующих источников загрязнения воздуха, их рекультивация и озеленение; обеспечение прогнозирования уровней загрязнения в период неблагоприятных метеорологических условий в городах с повышенным уровнем загрязнения, расширение (интеграция) и усовершенствование системы

экологического мониторинга атмосферного воздуха; переход на экологически чистые виды транспорта, усовершенствование системы движения транзитного автотранспорта и др.

Для улучшения экологического состояния водных ресурсов Луганской области необходимо соблюдать режим хозяйственной деятельности в прибрежных защитных полосах, определить хозяйствующие субъекты с закреплением за ними контроля их использования, предоставлением в пользование специализированным организациям информации в соответствии с требованиями Водного кодекса Украины; заключить Бассейновое соглашение об общем использовании, воспроизведении и охране водных ресурсов бассейна р. Северный Донец между облгосадминистрациями по согласованию с Министерством экологии и природных ресурсов Украины по вопросу государственного управления и использования воды в бассейне р. Северный Донец; провести в необходимом объеме работы по расчистке русел рек области; коренным образом улучшить техническое состояние водного фонда и осуществлять необходимый уход за ним; провести инвентаризацию водоемов с целью определения их целесообразного количества; передать на баланс облводхозу или подчиненным им хозяйственным организациям водохранилища и большие ставки, которые не имеют хозяев. Для улучшения состояния и охраны земель, рационального использования лесных, растительных ресурсов и животного мира необходимо: сохранить площадь осваиваемых территорий; охранять грунты от разрушения эрозией и других отрицательных процессов; не допускать отвода продуктивных земель для несельскохозяйственных потребностей; повышать плодородность земель, которые находятся в сельскохозяйственном производстве, за счет внедрения научнообоснованных систем земледелия, прогрессивных технологий выращивания сельхозкультур; пересмотреть полномочия органов управления лесного хозяйства в вопросах осуществления государственного контроля и государственного регулирования ведения охотничьего хозяйства.

Ежегодно на предприятиях области вырабатывается более 12 млн. т промышленных отходов. В настоящее время в организованных местах складирования накоплено около 75 млн. т токсичных отходов, в том числе 1-го и 2-го класса опасности – 50 тыс. т. В области насчитывается 530 породных отвалов, занятая ими площадь составляет 2744 га с общим объемом складированной породы 588

млн. м<sup>3</sup>. Не меньшую угрозу для окружающей среды области составляют и бытовые отходы.

В Луганской области были закрыты некоторые (44) угольные шахты. Это привело к изменениям в окружающей среде, в особенности при невыполнении требований по ее охране с учетом геологических и других естественных условий. Для снижения отрицательных последствий ликвидации шахт необходимо: не допускать выход шахтных вод на поверхность с помощью водоотлива; устройство горизонтального дренажа, сбора, очищения и сброса шахтных вод в речную сеть; снижение опасности, связанной с проникновением шахтных газов на поверхность путем бурения дегазационных буровых скважин и организации газового контроля; устранение возможных последствий сдвигов земной поверхности и др. Для этого необходимо проводить обследование сооружений и зданий и разрабатывать рекомендации по дальнейшей их эксплуатации.

Таким образом, к основным экологическим проблемам области, которые требуют первоочередного решения, относятся следующие: улучшение экологического состояния бассейна реки Северский Донец, защита от загрязнения водозаборов централизованного снабжения питьевых подземных вод, улучшение качества питьевой воды; стабилизация и улучшение экологического состояния районов массового закрытия нерентабельных и неперспективных шахт, в первую очередь Стахановского и Краснодонского районов; решение проблемы сбора, утилизации и переработки отходов; создание системы экономических и налоговых льгот и условий с целью стимулирования работ по сбору, утилизации и переработки отходов; решение проблемы улучшения финансирования природоохранных мероприятий; усовершенствование системы взыскания сбора за загрязнение окружающей среды, платы за использование естественных ресурсов и финансирования природоохранных мероприятий.

С целью комплексного решения указанных и других экологических проблем актуально создание интегрированной эколого-экономической системы мониторинга, управления и принятия рациональных решений (ИЭЭС).

Заметим, что существующие системы мониторинга имеют ряд недостатков: отсутствие автоматизированных средств контроля приоритетных загрязняющих веществ в атмосферном воздухе промышленных центров региона; как следствие - запоздалое получение информации природопользователями и контролирующими организа-

циями об изменении качества окружающей среды под воздействием антропогенных факторов и неприменение этой информации для принятия решений по снижению воздействия; отсутствие необходимых условий для оперативного регулирования качества окружающей среды; высокая дискретность измерений на водных объектах; отсутствие методов идентификации источников загрязнения; устаревшие методы анализов и средства измерения; сокращение гидрологических станций и постов наблюдений не позволяет достоверно представлять информацию о гидрологическом и гидрохимическом состоянии водных объектов. Информация, которая может быть использована от действующей системы мониторинга, следующая: режимная информация, характеризующая дозу воздействия на окружающую среду и человека; оперативная информация, характеризующая превышение ПДК по отдельным ингредиентам в выбранные промежутки времени; прогноз неблагоприятных метеорологических условий, при которых возможно повышенное загрязнение атмосферного воздуха в населенном пункте.

Причинами слабого использования информации является: отсутствие информационных систем о качестве среды, работающих в реальном времени; отсутствие строгого контроля над деятельностью различных уровней в пирамидальной структуре управления качеством окружающей среды; недостаточный уровень подготовки кадров, занимающихся ведомственным, локальным и региональным контролем; отсутствие либо недоработка некоторых юридических и нормативных актов по вопросу ответственности за несанкционированное загрязнение окружающей среды и возмещение ущерба.

Для эффективного управления окружающей средой необходимо: восполнить нормативную и законодательную базу управления источниками загрязнения окружающей природной среды; создать эффективную информационную систему и систему подготовки специалистов в области управления окружающей средой; способствовать внедрению современных систем мониторинга всех составляющих окружающей природной среды и источников воздействия.

***Компоненты и структура ИЭЭС.*** Реализация государственной политики в области охраны окружающей среды, обеспечения экологической безопасности и рационального использования природных ресурсов, ориентированной на принципы устойчивого развития страны в целом и отдельных ее регионов, требует применения эффективной системы управления процессом принятия эколого-

экономических решений, в которой следует опираться на достоверную и своевременную информацию о природных средах, источниках антропогенного воздействия на них, существующих и возможных последствиях этих воздействий. Получение такой информации для принятия решений, как на государственном, так и региональных уровнях управления должно обеспечиваться Единой государственной системой эколого-экономического мониторинга окружающей природной среды, природных ресурсов и антропогенных источников воздействия на них.

Эколого-экономическое управление – сложная многоуровневая система отношений субъектов хозяйствования между собой и с вышестоящими органами. Связующим рычагом этих отношений должен стать *экологический аудит (ЭА)* – инструмент, включающий в себя организационно-экономические факторы защиты окружающей среды. Он позволяет выбрать оптимальный вариант природоохранных сооружений, организовать информационно-аналитический контроль над состоянием и степенью эксплуатации природоохранной техники, дать экономическую оценку намечаемых технических и технологических усовершенствований. ЭА – независимое исследование всех аспектов хозяйственной деятельности промышленного предприятия любой формы собственности для установления размера прямого или косвенного воздействия на состояние окружающей среды. Его цель – приведение природоохранной деятельности в соответствие с требованиями законодательства и нормативных актов, оптимизация использования природных ресурсов, снижение и упорядочение энергопотребления, уменьшение отходов, предотвращение аварийных сбросов, выбросов и техногенных катастроф.

Поскольку речь идет об исследовании всех аспектов хозяйственной деятельности предприятия, ЭА должен объединить и расширить программы и методики уже существующих видов аудита – производственного и финансовой деятельности. Результат ЭА должен содержать выводы о соответствии природоохранной и производственной деятельности законодательству и нормативным актам; заключение о состоянии финансово-экономической отчетности, учета, своевременности и размере текущих экологических платежей, целенаправленности использования капитальных средств, выделенных на охрану окружающей среды; оценку воздействия исследуемого предприятия на состояние среды, здоровье производственного персонала, экологию в регионе, данные о наличии и величине выбросов



(сбросов) загрязняющих веществ, производство которых ограничено или запрещено международными обязательствами государства; результаты анализа темпов роста производства продукции и количества выбросов и сбросов загрязняющих веществ, потребления энергетических и материальных ресурсов; результаты сравнительного анализа основных показателей природоохранной и производственной деятельности аудируемого предприятия и подобных предприятий в Украине и др. странах; оценку потенциальной опасности аудируемого предприятия при возникновении аварийной ситуации, эффективность разработанного плана работ по ликвидации очагов аварии, наличие необходимых материально-технических средств; заключение о профессиональной компетентности работников природоохранных служб предприятия, их обеспеченности современными техническими средствами контроля допустимых величин загрязнения; информированность руководящего и производственного персонала о величине и характере загрязнения окружающей среды их предприятием, наличие материального и морального стимулирования за снижение уровня загрязнения и энерго- и материалоемкости выпускаемой продукции.

По данным Всемирного банка, возможное повышение стоимости проектов, связанное с проведением оценки воздействия на среду и последующим учетом экологических ограничений, окупается в среднем за 5–7 лет. Включение экологических факторов в процедуру принятия решений еще на стадии проектирования обходится в 3–4 раза дешевле последующей установки дополнительного очистного оборудования, а затраты на ликвидацию последствий от использования неэкологической технологии и оборудования оказываются в 30–35 раз выше расходов, которые потребовались бы для разработки экологически чистой технологии и применения экологически совершенного оборудования.

Объективное исследование комплексного влияния экодигируемого предприятия на состояние окружающей среды с учетом мнений всех заинтересованных сторон поможет избежать дальнейшего усугубления эколого-экономического кризиса и определить методы учета экологического фактора при разработке стратегии и тактики хозяйственной деятельности. Это позволит повысить производственную безопасность предприятия, а, следовательно, его инвестиционную привлекательность. Круг организаций, заинтересованных в объективном и комплексном исследовании хозяйственной деятель-

ности промышленных предприятий и ее влияния на окружающую среду, достаточно широк. Экологические проблемы актуальны для *банковских институтов*. Финансовый риск, напрямую связанный с риском экологическим, может возникнуть в результате крупных аварий и загрязнения среды, а также в связи с неучтенными ранее экологическими требованиями. Например, при обнаружении загрязненности земля значительно обесценивается, и банки-кредиторы могут лишиться гарантий кредита. К тому же при финансировании банком экологически опасных проектов страдает его репутация.

ЭА может и должен стать основой для становления и развития *экологического предпринимательства*, к сфере которого следует отнести следующие направления хозяйственной и социальной деятельности: разработку и внедрение ресурсосберегающих и экологически безопасных технологий; производство средозащитной техники и приборов для контроля и повышения качества окружающей среды; производство экологически благоприятных потребительских товаров; использование вторичных ресурсов; использование рекреационных ресурсов; оказание экологических услуг (экологический мониторинг, аудирование, страхование, воспитание, просвещение и образование). Зарубежный опыт показывает, что благодаря привлечению экологических фирм многие предприятия решили проблемы утилизации, превратив отходы в сырье для других отраслей, нашли более эффективные методы их очистки и переработки. Ежегодно в мире такие фирмы оказывают услуги на 200–230 млрд. долл., причем этот показатель имеет устойчивую тенденцию к росту (на 4–15% ежегодно в зависимости от видов предоставляемых услуг).

Объективные результаты комплексного исследования необходимы при заключении договоров по *страхованию экологического риска* и ответственности производителя и потребителя, для определения экологической надежности предприятия и величины риска возникновения аварийных ситуаций.

Целью создания системы обязательного и добровольного экологического страхования потенциально опасных объектов является компенсация убытка, который несут третьи лица и сам страхователь в результате аварийного загрязнения окружающей природной среды, а также стимулирование предотвращения аварий у страхователя, достигаемое за счет уменьшения издержек на проведение противоаварийных работ за счет страховщика.

Уникальную возможность в улучшении экологических характеристик большого количества субъектов производственной деятельности и целых секторов экономики предоставляет *приватизация*. Она позволяет, в частности, разрешить противоречия, возникающие в тех случаях, когда государство одновременно выполняет функции по экологическому регулированию и выступает в качестве владельца регулируемых предприятий. Приватизационная политика наряду с такими традиционными задачами, как получение доходов от продажи предприятий, их модернизация новым владельцем, обеспечение занятости, содействие региональному экономическому развитию, поступление налоговых платежей, должна включать также совершенствование природоохранной деятельности и рациональное природопользование. Экологические аспекты необходимо адекватно отражать в законодательных и нормативных актах по приватизации и иностранным инвестициям. В условиях ускоренной приватизации, с одной стороны, возникает опасность игнорирования природоохранных проблем, с другой – установление чрезмерно строгих ограничений в интересах охраны окружающей среды может стать сдерживающим фактором для потенциальных инвесторов в случае приобретения экологически опасных предприятий. В разных странах с переходной экономикой эти проблемы решаются по-разному.

Представляется, однако, что прямое использование зарубежного опыта в этой области в условиях Украины без учета особенностей ее социально-экономической и экологической ситуации может лишь усугубить эколого-экономический кризис. Дело осложняется тем, что прямое введение в практику классических методов экономического управления природопользованием, характерных для развитых рыночных систем, даст недостаточный, а в некоторых случаях и обратный эффект. Так, при прямом директивном внедрении принципа "загрязнитель платит" в переходном периоде, когда энергетическая, нефтехимическая, металлургическая и другие загрязняющие отрасли промышленности высокомонополизированы, платежи за загрязнение легко переносятся на плечи потребителей. Кроме того, не только возрастет стоимость улучшения или поддержания качества окружающей среды, но и сократится производство товарной продукции, от реализации которой поступают платежи в природоохранные фонды. К тому же, по данным западных специалистов, в странах ЕС 63% расходов на борьбу с загрязнениями обеспечивает частный сектор

экономики, государственный сектор тратит примерно 21%, а потребители – 16%.

Учет экологического фактора при приватизации должен разрешить противоречие, заключающееся в необходимости совершенствования природоохранной деятельности, исключающей неприемлемые для будущих владельцев расходов. Основным направлением стабильной деятельности предприятия в постприватизационный период является организация производства конкурентоспособной продукции и повышение ее рентабельности. Учет экологического фактора в процессе приватизации промышленных предприятий может не только содействовать улучшению экологических параметров большого числа субъектов производственной деятельности и снижению непосильной для окружающей среды техногенной нагрузки, но и общему оздоровлению экономики.

Деградация природно-ресурсного потенциала вызывает необходимость наращивания затрат для рационализации управления природопользованием. Поэтому большое значение приобретает применение *экологического менеджмента (ЭМе)*.

Например, при имеющемся в регионе дефиците водных ресурсов (его можно рассматривать как по количественным, так и по качественным показателям) следует сформировать новые подходы к решению проблем их использования и охраны. Все более целесообразным становится объединение этих двух аспектов в единое *экологическое* водопользование. Это позволит оптимизировать управление в едином технологическом процессе воспроизводства водных ресурсов (забор, транспортирование, распределение, потребление, отведение, хранение и очищение воды) с учетом экологических требований и ограничений, т.е. с ориентацией на устранение причин экологических нарушений. Переориентация приоритетов водопользования на той или иной территории с потребительского аспекта на экологический соответствует функции воды как средства и условия оптимального функционирования всей экосистемы данного водного бассейна и экологически безопасного жизнеобитания. Экологическое водопользование становится не целью, а средством водохозяйственной деятельности в решении проблем надежного водообеспечения и природообустройства хозяйствующих субъектов, защиты водных ресурсов от загрязнения и истощения. Оно представляет собой водохозяйственную деятельность, основанную на принципе целостного подхода к использованию водных, а также земельных, биологиче-

ских, материальных и других ресурсов в пределах водосборного бассейна (ландшафта, государственных границ), и ориентацию на упреждение загрязнения водных экосистем.

В условиях безотлагательности проведения экологически ориентированной структурной перестройки экономики требуется введение природопользования в сферу формирующихся рыночных отношений. Для этого необходимо усовершенствовать общую модель управления природопользованием. Главной ее целью, как известно, является удовлетворение потребностей в тех видах продукции и услуг, которые имеют непосредственное отношение к природной среде. Можно выделить следующие важнейшие *принципы* экономико-экологического управления: *интегральность территориальной системы; первичность функции управления природопользованием; взаимодействие (синергетичность); иерархичность, многокритериальность.*

Одним из важных признаков развитой рыночной экономики является соответствующая *инфраструктура*. К ее элементам в сфере природопользования, в частности, относятся экологический маркетинг и экологический аудит. Экологический менеджмент учитывает социальные, политические, экономические факторы, а также экстренно-ситуационные, т.е. стохастические явления, в силу их конечного влияния на целостность и экономическое благополучие природной среды.

Концептуальные основы экологического водопользования направлены на экологизацию использования водных, земельных, биологических и геосенных ресурсов, в первую очередь на уменьшение и упреждение загрязнения, истощения и деградации водных объектов в процессе забора воды из источников, ее транспортирования, регулирования ее объемов по территории и времени, подачи ее потребителям, водопользования, водоотведения и водообустройства территорий. Суть экологизации заключается в формировании и коррекции вещественно-энергетических, социально ценностных и информационных потоков исходя из экологических ограничений и требований. Таким образом, представленная интегрированная система (рис. 5.11) и стратегия управления экологическим природопользованием в условиях переходной экономики и рыночных отношений базируется на экологическом мониторинге, менеджменте и включает в себя такие элементы инфраструктуры, как экологический маркетинг и экологический аудит.

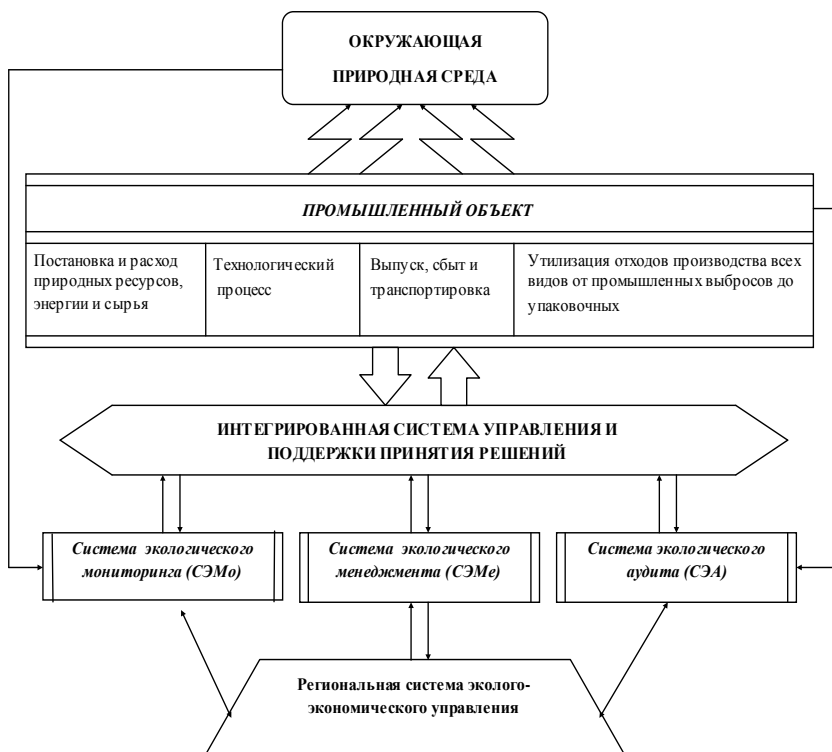


Рис. 5.11. Интегрированная эколого-экономическая система.

### 5.3. Информационно - энтропийный подход анализа состояния предприятия

**Введение и актуальность проблемы.** Эколого-экономические системы (ЭЭС) относятся к сложным, открытым и нелинейным объектам, которые нуждаются тонкому анализу. Задача принятия управленческих решений на всех уровнях иерархии в условиях нестабильностей и глобальных процессов основываются на компьютерных и синергетических технологиях при широком использовании информационного ресурса. Одной из важных проблем сегодня является исследование и количественная оценка закономерностей происходящих при взаимодействии разнородных систем и глобальных

эколого-экономических процессов с целью их возможного анализа и прогноза. В современных условиях разных стихий (эколого-экономических, техногенных и др. катастроф и т.п.), важно иметь оценку меры открытости, внешнего влияния и степень взаимодействия в эколого-экономической системе (рис. 5.12).

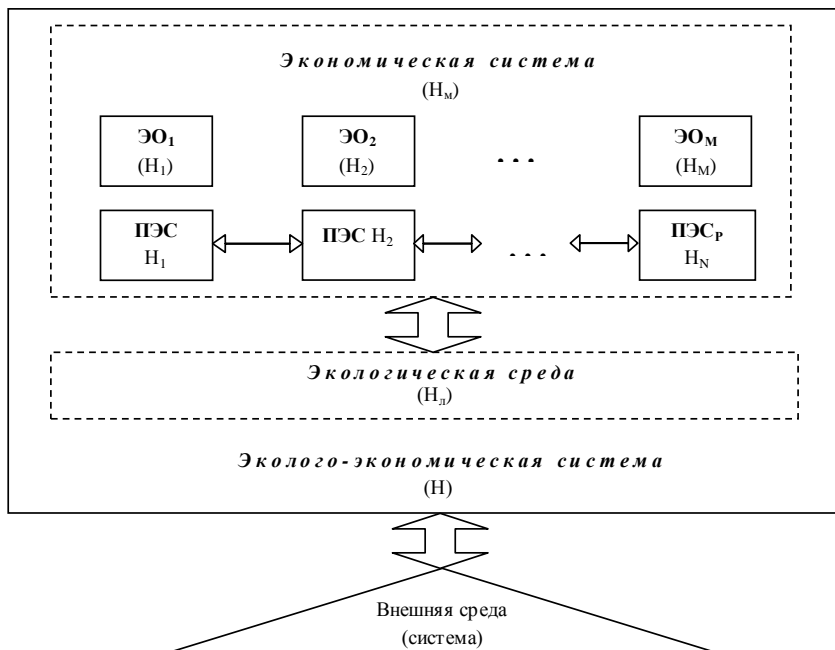


Рис. 5.12. Обобщенная структура всей ЭЭС

Здесь: ЭО – экономический объект; ПЭС – производственно-экономическая система;  $H$  – энтропия ЭЭС;  $H_M$  – энтропия экономической системы;  $H_L$  – энтропия экологической среды;  $H_i$  – энтропия  $i$ -го объекта.

Поэтому в работе проведен анализ и предложен информационно-энтропийный подход оценки тенденций развития эколого-экономических систем и их взаимодействий. Производственно-экономическая система (ПЭС) при этом рассматривается как сложная открытая система, которая взаимодействует с нестабильной внешней средой путем обмена энергией, веществом, информацией (негэнтропией) и т.п. Такое представление вполне согласуется с си-

нергетическим подходом, так как в соответствии с принципом подчинения Г. Хакена он переводит математическую модель сложной системы на уровень небольшого числа фундаментальных параметров – энергия, энтропия (негэнтропии) и т.п., т.е. «параметров порядка». При этом отметим, что синергетика как наука занимается не только нелинейным поведением систем (поскольку нелинейные явления присутствуют при взаимодействиях и возникновении новых структур), но она имеет широкий спектр интересов. В соответствии с одним из важнейших выводов синергетики законы самоорганизации и дезорганизации систем универсальны, т.е. не зависят от специфики последних[1,3,6].

Пусть  $\{S_i\}, i = 1, \dots, N$  – совокупность производственно-экономических систем, а  $S$  – внешняя среда (в частности, окружающая природная среда (ОПС)). При этом  $S_{\mathcal{O}} = \bigcup_1^N S_i$  – экономическая

система в целом, а в качестве  $S \cup S_{\mathcal{O}}$  может быть эколого-экономическая система (ЭЭС). Систему формально можно представить как множество в виде:  $S = \langle \{s_i\}, \{p_i\} \rangle, i = \overline{1, n}$ , где  $n$  – общее число возможных состояний,  $s_i$  – это  $i$  – ое состояние, а  $p_i$  – вероятность  $i$  – ого состояния системы. Тогда степень организованности (порядка) можно оценить через энтропию системы  $S$ , т.е.  $H_s = -\sum p_i \ln p_i$  (рис. 5.13.).

Заметим, что в результате производственной деятельности происходит не только уменьшение, но и рост энтропии внешней среды. Однако при рассмотрении проблем, связанных со сложными системами, часто не учитываются важнейшие закономерности поведения открытых систем.

Эти закономерности можно описать в виде критериев, определяющих знак изменения энтропии открытой системы. Они указывают точные условия, при которых в системе обязательно возникнуть процессы упорядочения и самоорганизации, а при невыполнении – процессы дезорганизации. Напомним, что в любом дискретном множестве всегда присутствуют черты порядка и хаоса, определенности и неопределенности, а, следовательно, и энтропии.



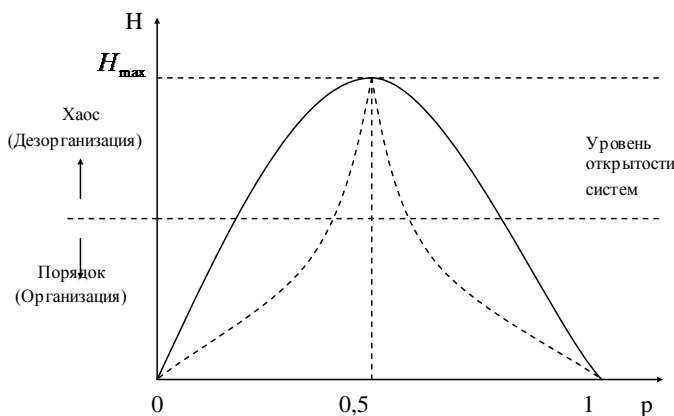


Рис. 5.13. Энтропия как мера определенности и хаоса.

Сегодня часто используют наиболее общее представление об энтропии как о количественной мере беспорядка, неупорядоченности и неопределенности состояния любой системы. Всякая закрытая, или изолированная, система стремится к равновесному состоянию, когда число допустимых состояний системы максимально и, следовательно, их энтропия также максимальна ( $H_{\max}$ ). Точнее, энтропия любой изолированной системы с подавляющей вероятностью будет со временем возрастать или, в крайнем случае, останется постоянной, т. е.  $\Delta H \geq 0$ .

Если рассматриваемая система  $S$  закрытая, то есть не взаимодействует с внешней средой и состоит из двух открытых или взаимодействующих подсистем  $S_1$  и  $S_2$ , то для такой системы необходимо учитывать *принцип компенсации* энтропии, который гласит, что «в неизолированной, а значит, во взаимодействующей системе энтропия одной системы может быть уменьшена только в том случае, если в процессе взаимодействия с другой или с другими системами происходит компенсирующее увеличение энтропии другой системы»[74]. Тогда для двух открытых и взаимодействующих подсистем  $S_1$  и  $S_2$ , находящихся внутри изолированной (закрытой) системы  $S$ , выражение для изменения энтропии имеет вид  $\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2 \geq 0$ , из которого следует, что если внутри изолированной системы в одной подсистеме происходит снижение энтропии

( $\Delta H_1 \leq 0$ ), то в другой энтропия должна на такую же величину возрасти ( $\Delta H_2 \geq 0$ ), чтобы удовлетворялось условие  $\Delta H \geq 0$  для общей изолированной системы  $S$ . Итак, понижение энтропии в одной части изолированной системы и, следовательно, увеличение порядка требует обязательного повышения энтропии и, следовательно, увеличения беспорядка в другой части этой же системы, чтобы они компенсировали друг друга. Таким образом, если две или более открытые подсистемы взаимодействуют друг с другом и вместе составляют общую изолированную (закрытую) систему, то последняя остается равновесной, если величина изменения энтропии одной подсистемы будет равна изменению энтропии другой подсистемы, взятому с противоположным знаком.

Принцип компенсации энтропии справедлив только для процессов, происходящих внутри изучаемой подсистемы, если она находится внутри изолированной системы, а влияние окружающей среды или других внешних систем сводится к одному параметру – *степени открытости системы*.

Известно, что в системах параллельно протекают два противоположных процесса: изменение энтропии и изменение негэнтропии (негэнтропия является количественной мерой порядка, упорядоченности внутренней структуры системы). Энтропия и негэнтропия изменяются в системе по самостоятельным законам и их абсолютные значения мало зависят друг от друга [74]. С ростом энтропии увеличивается неопределенность системы, и для того, чтобы уменьшить эту неопределенность, необходимо ввести в систему негэнтропию (информацию, знание, упорядоченность). Если в системе рост негэнтропии опережает рост энтропии, то преобладает прогрессивное развитие и организованность системы; если же рост негэнтропии отстает от роста энтропии, то в системе преобладают деструктивные процессы и растет беспорядок. Поэтому глобальной целью общества должно быть обеспечение ускоренного или, по крайней мере, равного роста негэнтропии по отношению к росту энтропии в системе.

Одной из важнейших закономерностей, происходящих в сложных открытых системах является *закономерность энтропийного равновесия* [74]. Эта закономерность определяет состояние динамического равновесия между порядком и беспорядком, между организованностью и дезорганизованностью систем различной природы. Она в значительной степени предопределяет причины конфликтов в обществе, возникновения стихийных бедствий и экологических катастроф

и т. п. Указанная закономерность универсальна, действует в любой системе, если в ней приемлемо использование понятия вероятности событий, с которыми связано определение самой энтропии.

Окружающий нас реальный мир состоит из открытых систем, степень открытости ( $\alpha$ ) которых лежит в пределах  $0 < \alpha < \alpha_{\text{макс}}$  и зависит от интенсивности обмена энергией ( $E$ ), информацией ( $I$ ) и веществом ( $G$ ) с окружающей средой или другими системами. У полностью закрытой, нереальной системы, где отсутствует обмен с внешней средой (т.е. с другими системами),  $\alpha = 0$ . В такой системе все протекающие процессы сопровождаются только ростом энтропии системы. Значения  $\alpha = \alpha_{\text{макс}}$  должны иметь нереальные полностью открытые системы, в которых все протекающие процессы сопровождаются только убыванием энтропии [74]. Однако в природе полностью закрытых и открытых систем не бывает (см. рис. 5.12.).

В реальных открытых системах, в которых  $0 < \alpha < \alpha_{\text{макс}}$ , все протекающие процессы сопровождаются как ростом, так и уменьшением энтропии, в противоборстве между этими процессами, компенсирующими друг друга, определяется окончательный знак изменения суммарной энтропии или негэнтропии: либо возрастание энтропии (знак плюс, т.е.  $\Delta H > 0$ ), либо ее убывание (знак минус, т.е.  $\Delta H < 0$ ). В результате получаем либо больше порядка и организованности, либо больше беспорядка и хаоса.

В точке, где действия обоих противоборствующих знаков изменения энтропии в системе полностью компенсируют друг друга, возникает энтропийное равновесие ( $H_p$ ), или критический уровень организации систем ( $H_k$ ). В точке энтропийного равновесия между порядком и беспорядком в природе и в обществе процессы организации и дезорганизации уравнивают друг друга, и система становится стабильной.

Степень открытости системы  $\alpha$  однозначно меняется при изменении внешнего воздействия ( $F$ ) на систему: по мере увеличения  $F$  степень открытости растет, а по мере уменьшения – падает. Изменяя степень открытости, а, следовательно, внешнее воздействие, можно менять точку энтропийного равновесия ( $H_p$ ), или критического уровня организации системы ( $H_k$ ) – это первый путь управления энтропийными процессами. Если некоторая конкретная система изначально находится на уровне выше критического, т. е. его началь-

ная энтропия ( $H_{01}$ ) больше, чем  $H_p = H_k$  т.е. ( $H_{01} > H_p = H_k$ ), то в такой системе будут преобладать процессы снижения энтропии до значения  $H_p = H_k$  и, следовательно, процессы упорядочивания системы вплоть до критической точки, или точки энтропийного равновесия. Если же, наоборот, начальная энтропия системы ниже критического уровня ( $H_{02} < H_p = H_k$ ), то в такой системе будут преобладать процессы роста энтропии от  $H_{02}$  до  $H_p = H_k$  и, следовательно, процессы дезорганизации.[1-4]. Из-за инерционности системы могут возникать энтропийные колебания относительно уровня энтропийного равновесия, а со временем они могут затухать и система становится более стабильной (рис. 5.14).

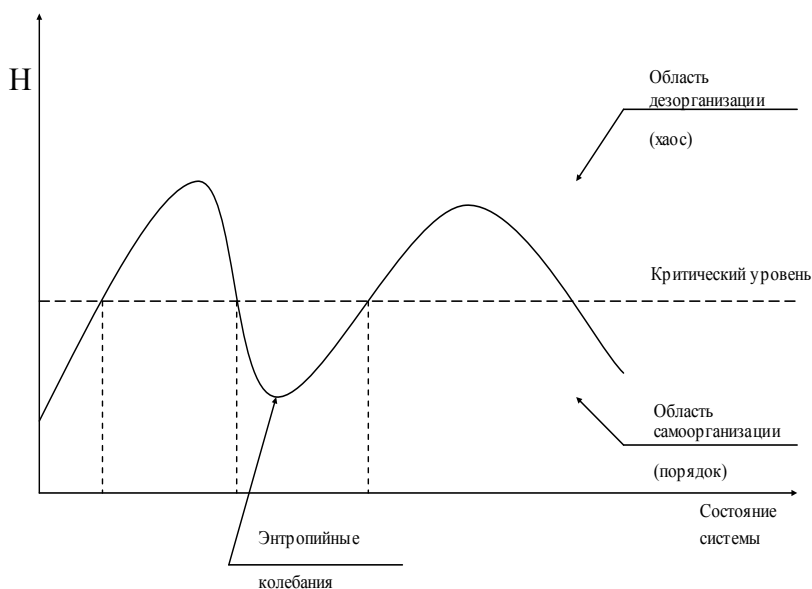


Рис. 5.14. Энтропийные колебания и стабильность сложных систем

Рост амплитуды и частоты энтропийных колебаний приводит к усилению негативных процессов в природе и обществе: растет вероятность появления стихийных бедствий, разрушения экосистем, увеличиваются острота и частота несчастных случаев, эпидемий, конфликтов в человеческом обществе и т. п.

Следует отметить, что при увеличении степени открытости систем, уменьшение энтропии и наведения порядка происходит не в целом по всем параметрам, а только по одним показателям (или параметрам) системы, а увеличение энтропии и беспорядка системы – по другим показателям.

Если окружающая среда преднамеренно агрессивна по определенным параметрам и при этом увеличится открытость системы, то такая среда может привести к деградации и даже разрушению системы. Поэтому систему следует защищать от воздействия агрессивной среды путем уменьшения степени ее открытости.

Если окружающая среда не агрессивна, то государство, которое на своих границах уменьшает степень его открытости, будет испытывать усиление деструктивных процессов в области экономики, культуры, науки и, следовательно, по этим показателям увеличится энтропия всей системы. Энтропийное равновесие существует только на критическом уровне организации системы, когда беспорядок и дезорганизация уравнивают порядок и организованность, а система приобретает стабильность. Всякое отклонение от точки равновесия в любую сторону обуславливает либо излишнюю упорядоченность и организованность, либо излишний беспорядок и дезорганизацию. Каждая система, природная или общественная, в конечном итоге стремится к энтропийному равновесию, т.е. равновесию между порядком и хаосом. Поэтому никакие экологические программы не могут быть реализованы, если они заранее не будут проверены на энтропийное равновесие.

Не следует думать, что с развитием науки и техники, культуры, экономики и с повышением благосостояния народа будет снижаться общая энтропия системы по всем показателям. На самом деле одновременно с этим произойдет повышение энтропии по другим показателям, так как увеличение численности населения на планете увеличивает конкурентную борьбу между людьми, увеличатся объемы отходов человеческой деятельности, возникнут новые конфликты, войны, экологические проблемы и пр. Отметим, что одна из важнейших миссий человечества на планете – это борьба с энтропией, поэтому на каждого человека возложена антиэнтропийная или негэнтропийная функция. Считается, что нравственность и мораль, противостоящие беспорядку и хаосу, представляют собой негэнтропию. Необходимо еще раз подчеркнуть, что до тех пор, пока человечество не научится рационально использовать три основных способа

энтропийного управления процессами в системах [1,4], а именно: изменение критического уровня организации системы (1-й способ управления), изменение амплитуды и частоты энтропийных колебаний (2-й способ управления) и вынос излишней энтропии во внешнюю среду или мировое пространство (3-й способ управления), для стабилизации систем придется постоянно повышать степень их открытости путем внешнего управленческого воздействия.

Рассмотрим теперь кратко, как в открытой системе изменяется ее энтропия при взаимодействии с окружающей средой, пользуясь понятием условной энтропии. Для этого обозначим через  $H(x_0)$  энтропию состояния системы при отсутствии внешнего воздействия со стороны среды, где  $x_0$  - переменная, которая описывает состояние системы в отсутствие внешнего воздействия. В результате внешнего воздействия изменится состояние системы и, следовательно, энтропия системы. Энтропия, соответствующая этому новому состоянию, называется условной энтропией  $H(x_0/x_1)$ , где  $x_1$  - переменная, которая описывает новое состояние системы, возникающее в результате внешнего воздействия на систему. Очевидно, что  $H(x_0/x_1) \leq H(x_0)$ , так как благодаря внешнему воздействию система увеличивает свою степень открытости и уменьшает собственную энтропию. Если дополнительно увеличить внешнее воздействие на эту систему, то она станет еще более открытой и условная энтропия ее состояния еще уменьшится, т. е.  $H(x_0/x_1x_2) < H(x_0/x_1)$ , где  $x_2$  - новая переменная, которая описывает новое изменение в той же системе и т.д. В результате будем иметь неравенства

$$H(x_0) > H(x_0/x_1) > H(x_0/x_1x_2) > \dots > H(x_0/x_1 \dots x_k) \quad (5.1)$$

или относительно степени открытости системы:

$$\alpha(X) < \alpha(X|Y_1) < \alpha(X|Y_1Y_2) < \dots \quad (5.2)$$

Так как каждой степени открытости ( $\alpha$ ) системы соответствует свое стационарное значение энтропии  $H_\kappa = H_p$ , определяющее равновесие, то при  $H_\alpha > H_\kappa$  в системе будут преобладать процессы уменьшения энтропии и, следовательно, рост упорядоченности и, наоборот, если  $H_\alpha < H_\kappa$ , то будут преобладать процессы увеличения энтропии и деградации системы до тех пор, пока система не достигнет своего энтропийного равновесия.

Наконец, еще раз отметим, эволюции систем соответствует сложному изменению границ между двумя противоположностями – порядком и хаосом: повышение упорядоченности, организованности системы обусловлено увеличением порядка по одним определенным параметрам системы и возрастанием беспорядка по другим, а не общим переходом от беспорядка к порядку или от порядка к беспорядку по всем параметрам системы.

Известно, что подавляющее большинство производственно-экономических процессов (ПЭП), которые управляются человеком, стремятся к нормальному закону распределения  $f(x)$  случайной экономической переменной (ЭП)  $x$ . Функция  $f(x)$ , с определенной СКО  $\sigma_x$  характеризует степень организации производственно-экономической деятельности фирмы. Если такая деятельность менее организована (высокая энтропия), то ее СКО меньше чем  $\sigma_x$ , а если же ПЭП не управляем совершенно (что не реально), то ему соответствует равномерный закон распределения  $f(x)$ . Энтропийную оценку нестабильности (риска нестабильности) ПЭС можно определить как  $R_x = 1 - I_x$ , где  $I_x = (H_{\max} - H) / H_{\max}$ , причем  $H_{\max}$  - мера энтропии по Р.Хартли, а  $H$  - оценка энтропии по К. Шеннону. Заметим, что при равномерном распределении ПЭП стабильность  $x$  будет равна нулю (риск нестабильности очень большой), т. е. процесс  $x$  - полностью нестабилен (энтропия стремится к максимуму и наступает хаотическое поведение ПЭС) [3,6].

Пусть  $x(t)$  вектор состояния системы,  $u(t)$  вектор внешних (например, управляющих) воздействий, а  $w(t)$  внешние возмущения. Тогда качество управления величиной  $x(t)$  можно оценить с помощью энтропии (разнообразия)  $H(x)$ . Пусть цель управления состоит в поддержании уровня  $x(t) = x_3 = const$ . Большое значение  $H(x)$  свидетельствует о значительном отклонении  $x(t)$  от  $x_3$ . При  $x(t) = x_3 = const$  энтропия  $H(x) = 0$ , но это практически невозможно из-за действий возмущений и помех. Поэтому фактически  $H(x) \neq 0$ . Необходимо ее уменьшить  $H(x) \rightarrow \min$ .

При наличии управляющего воздействия  $u(t)$  на систему, между  $x(t)$  и  $u(t)$  имеется некоторая зависимость, т.е.  $H(x)$  зависит от

$u(t)$ , т.е.  $H(x/u)$ , уменьшение неопределенности (дезорганизации) состояния системы характеризуется информацией

$$I(x/u) = H(x) - H(x/u) \quad (5.3)$$

Необходимо, чтобы система управления потенциально имела достаточное разнообразие управляющих воздействий в соответствии с выражением

$$H(u) \geq I(x/u) \quad (5.4)$$

В этом и заключается информационная сущность известного закона необходимого разнообразия Р. Эшби. Для ПЭС этот закон формулируется так: разнообразие состояний управляемой системы может быть уменьшено лишь за счет соответствующего увеличения разнообразия системы управления (внешней среды). Заметим, что согласно принципу разнообразия Р. Эшби, любой объект (система) деградирует, если степень его разнообразия уменьшается или остается неизменной, и этот принцип является аналогом второго закона термодинамики.

Итак, для повышения качества управления (т.е. уменьшения  $H(x/u)$ ) необходимо увеличить разнообразие управляющих воздействий (т.е.  $H(u)$ ), стараясь достичь величины  $H(x)$ .

Отметим, что замыкание любой системы приведет к возрастанию ее энтропии и ее дезорганизации, т.е. ее разрушению. При этом в равновесии энтропия системы должна оставаться постоянной, т.е.  $H(S) = const$ . Это означает, что в равновесном состоянии увеличение энтропии в одной подсистеме системы, обязательно приводит к уменьшению энтропии в другой ее части, так чтобы в целом энтропия системы не изменилась.

При взаимодействии с внешней средой исследуемая система становится открытой. Если изменением энтропии среды можно пренебречь по сравнению с изменением энтропии системы, то такую систему, то такую среду называют энтропостатом. Для стационарных состояний, отличающихся друг от друга величиной взаимодействия системы с энтропостатом, выполняется неравенство в виде неравенств (5.3)

Допустим, что исследуемая ПЭС взаимодействует с внешним окружением (например, с ОПС) и вместе они образуют абсолютно замкнутую систему. Тогда, согласно закону возрастания энтропии, единая ЭЭС останется в равновесии, если изменение энтропии в ис-



следующей ПЭС  $\Delta H_2$  будет равно изменению энтропии второй системы – ОПС  $\Delta H_3$  с противоположным знаком.

Если, например, рассматриваемая система по масштабу невелика по отношению к окружающей среде (напр., ОПС), которая намного «шире» по масштабам, то есть выполняется неравенство типа:

$$\frac{\Delta H_1}{H_1} \gg \frac{\Delta H_2}{H_2},$$

то есть компенсацию энтропии можно осуществить за счет (окружения). Это согласуется с эколого-экономической политикой сегодняшнего дня.

#### **5.4. Интеллектуальная система диагностики кризисного состояния предприятия**

**Введение.** Промышленные объекты относятся к классу сложных производственно-экономических систем (ПЭС), которые в процессе своего целенаправленного или задаваемого функционирования находятся в динамике и подвержены воздействиям как контролируемых, так и неконтролируемых причин, т.е. состояние ПЭС со временем претерпевает те или иные изменения. Поэтому необходима организация контроля и диагностирования с целью придания ПЭС нормального (желаемого) функционирования с учетом экономико-экологических параметров. Вопросы организации процедур диагностирования, построения моделей объектов, разработки алгоритмов и проектирования конкретных автоматизированных систем диагностирования широко известны в зарубежной и отечественной литературе [3,6,102-104]. Отметим, что диагностирование ПЭС сопряжено со значительными трудностями в силу ряда особенностей. Ввиду необходимости проведения диагностических процедур непосредственно в процессе эксплуатации ПЭС чаще используются методы функционального диагностирования. Большую сложность в осуществление процедур диагностирования вносит инерционность многих связей (отношений). Сложная функциональная связанность параметров проявляется в том, что изменение значения какого-либо параметра может быть вызвано целым рядом причин.

Существенную роль при этом также играют ошибки в управлении, объясняемые как трудностями обеспечения непрерывного контроля над состоянием ПЭС, так и необходимостью хранения, сбора и

переработки в реальном масштабе времени большого объема информации, одновременного учета множества различных факторов для диагностики, что часто превышает возможности оператора-диспетчера. Анализ таких особенностей процесса диагностирования сложных технико-экономических систем, как: множество альтернатив интерпретации событий; необходимость совместного рассмотрения множества событий; формирование алгоритмов распознавания первопричины нарушения чаще в виде набора правил, чем в виде системы управления; а также необходимость использования эвристических способов выделения наиболее вероятных решений и области их существования, указывает на возможность повышения эффективности процедур диагностики при использовании методов теории искусственного интеллекта.

Таким образом, исходя из всего вышесказанного, можно сделать заключение о необходимости создания гибридных (интегрированных) интеллектуальных компьютерных систем (ГИКС) диагностики ПЭС, сочетающих в себе свойства традиционных систем, использующих "жесткие" модели и алгоритмы, и такие признаки интеллектуальных систем (систем, основанных на знаниях), как наличие базы знаний (БЗ), дружелюбного интерфейса, логического вывода, самообучения. При этом наибольший эффект можно получить при интеграции этих двух подходов в единую систему [3]. В процессе диагностирования технологического состояния ПЭС в экологическом мониторинге процедуры поиска причин нарушений во множествах неконтролируемых возмущений, которые отличаются наличием неопределенностей, целесообразно реализовать с использованием методов искусственного интеллекта. Отсутствие достаточного объема статистических данных для установления объективных зависимостей между значениями признаков и вероятностных диагнозов обуславливает эвристическое описание этих зависимостей.

**Постановка задачи.** В общем виде модели объекта диагностирования и каналов передачи информации можно представить в виде следующих операторных уравнений:

$$F(x, u, w, a, t) = 0, y(t) = G(x, u, \xi_0, v, b, t), \quad (5.5)$$

где  $x \in R^n$  – вектор состояния;  $u \in R^r$  – вектор управления;  $y \in R^m$  – вектор выходных переменных;  $w, v$  – векторы возмущений и помех (входящие в уравнения (5.5) как аддитивно, так и мультипликативно) [1,3];  $a, b$  – векторы неопределённых параметров, причём

$\dot{a}(t)=0$  и  $\dot{b}(t)=0$ ;  $F, G$  – некоторые заданные операторы (дифференциальные, как обыкновенные, так и с частными производными, интегральные, интегро-дифференциальные, матричные и т.п.).

В частности, в качестве (5.5) могут быть использованы стохастические дифференциальные уравнения (линейные или нелинейные, непрерывные или дискретные), уравнения в частных производных, например, для случая учета территориального расположения производственных объектов.

Практически реализуемые модели для обработки и идентификации имеют вид:

$$\dot{x}(t) = A(t, \theta)x + B(t, \theta)u + W(t), y(t) = C(t, \theta)x + V(t), \quad (5.6)$$

или, в дискретном случае  $y(k+1) = H(k)x(k) + V(k)$ ,

$$x(k+1) = \Phi(k+1, k, \theta)x + \Psi(k+1, k)u(k) + W(k). \quad (5.7)$$

Контрольное условие (схема) диагностирования обычно представляет собой соотношение типа:

$$\mu(E(t)) < \delta, \quad (5.8)$$

где  $\mu(\cdot)$  – некоторая заданная метрика, например, евклидова норма;  $\delta$  – допустимое пороговое значение, которое задаётся;  $E(t)$  – невязка (отклонение) либо выхода от нормы, либо оценки состояния от эталона, либо оценки параметров от номинальных, либо характеристик оценок от возможного (например, ковариации обновляющих процессов в фильтре Кальмана) и т.п.

Например,

$$E(t) = \Phi(y^T, q^{-1}y^T, \dots, q^{-k}y^T, u^T, q^{-1}u^T, \dots, q^{-k}u^T),$$

где  $\Phi$  – оператор, а  $k$  – порядок контрольной схемы, которые подлежат определению (или заданию).

Тогда условие отсутствия дефектов будет иметь вид:

$$E(t) = 0, t = 0, 1, 2, \dots$$

а условие (5.8) можно переписать так:  $\|E(t)\| \leq \delta$ .

Отметим, что поставленная задача может быть решена как в случае детерминированной, что бывает редко, так и в условиях стохастической и множественной неопределённости.

**Интеллектуализация и интеграция системы диагностирования.** Как было отмечено во введении, для повышения эффективности и качества диагностирования сложных технических систем, к которым и относятся ПЭС, необходимо создать интеллектуальные и

интегрированные компьютерные системы, основанные как на традиционных методах, так и на основе новых информационных технологий.

Постановка задачи диагностирования в условиях нечеткой информации. Пусть  $X_1, \dots, X_n$  – ряд признаков, по конкретным значениям которых принимаются суждения о субъективной вероятности диагнозов из заранее определенного ряда диагнозов  $D_1, \dots, D_k$ . Каждый из  $X_i$ ,  $i = \overline{1, n}$ , принимает значение из множества  $X = \{x_{i1}, \dots, x_{im_i}, \dots, x_{ip_i}\}$ . В момент  $t$  состояние объекта описывается вектором признаков:

$$X(t) = [X_1(t), \dots, X_n(t) | X_i(t) = x_{im_i}]^T, m_i = \overline{1, p_i}, \quad (5.9)$$

где  $X_i(t)$  – реализация признака  $X_i$  в текущий момент  $t$ .

Требуется определить оценку вероятности (степень возможности) диагнозов  $P_e(j)$ :

$$\forall j = \overline{1, k}: m_e(j) = m_e(D_j | X(t)), \quad (5.10)$$

где  $P_e$  – символ субъективной вероятности.

**Формы представления экспертных знаний в системе.** Для решения поставленной задачи важным вопросом является способ представления экспертных знаний.

Первый способ. Экспертные знания представляются в виде следующей системы правил:

$$\begin{aligned} \forall i = \overline{1, n}, \forall j = \overline{1, k}: X_1 = x_{1m_1}, \dots, X_n = x_{nm_n} &\Rightarrow \\ \Rightarrow P_e(D_j | X(t)) = P_{es}(D_j | (x_{1m_1}, \dots, x_{nm_n})) \end{aligned} \quad (5.11)$$

где  $x_{im_i}$  – конкретное значение  $X_i$  из множества  $\{x_{im_i}\}$ ,  $m_i = \overline{1, p_i}$ ,

$p_i = \text{card}\{x_{im_i}\}$ ;  $P_{es}$  –  $s$ -е значение оценки вероятности из множества возможных значений  $\{P_{es}\}$ ,  $P_{es} \in [0, 1]$ ,  $s = \overline{1, m}$ .

Второй способ. Второй возможный вид представления экспертных знаний представляет собой систему правил, описываемых при тех же обозначениях следующим образом:

$$\forall i, \forall j, \forall m_i: x_i = x_{im_i} \Rightarrow P_e(D_j | X_i) = P_{es}(D_j | x_{im_i}) \quad (5.12)$$

Оба рассмотренных способа представления экспертных знаний обладают различными свойствами, и алгоритмы обработки этих форм информации также различны.

*Лингвистический способ.* Наиболее удобной для эксперта формой представления знаний имплицативного вида является наиболее привычная для человека - лингвистическая. При этом эксперт оперирует размытыми (нечёткими) категориями типа:

"Если значение  $X_i$  очень большое, то вероятность  $D_j$  – малая".

Поэтому к составлению модели нечёткой информации можно применить лингвистический подход на базе теории нечётких множеств Л. Заде [39,40].

В нечётком алгоритме диагностирования признаки  $\{X_i\}$  и вероятности  $P_e$  представляются лингвистическими переменными (ЛП), определяемыми кортежами:

$$\langle X_i, T_i, V_i, G_i, M_i \rangle, i = \overline{1, n} \quad (5.13)$$

$$\langle P_{\%}, P, U, S, Q \rangle, \quad (5.14)$$

где  $X_i, P_e$  – наименование соответствующих ЛП;  $T_i, P$  – термножества переменных  $X_i$  и  $P_e$  соответственно, т.е. множества их лингвистических значений, представляющих собой наименование нечётких переменных (НП):

$$A_{if_i} (f_i = \overline{1, p_i} / p_i = \text{card} T_i) \text{ и } B_r (r = \overline{1, m} / m = \text{card} P)$$

со значениями из универсальных множеств  $V_i$  и  $U$ ;  $G_i, S$  – синтаксические правила, порождающие названия  $A_{if_i}$  и  $B_r$  значений переменных  $X_i$  и  $P_e$ ;  $M_i, Q$  – семантические правила, позволяющие превращать каждое новое значение ЛП в НП, НП  $A_{if_i}$  и  $B_r$ , в свою очередь, представимы в виде соответствующих кортежей:

$$\langle A_{if_i}, V_i, \tilde{C}_{if_i} \rangle, i = \overline{1, n}, \quad (5.15)$$

$$\langle B_r, U, \tilde{E}_r \rangle, r = \overline{1, m}, \quad (5.16)$$

где  $A_{if_i}, B_r$  – наименования НП;  $V_i$  и  $U$  те же, что и выше;

$$\tilde{C}_{if_i} = \bigcup_{v \in V_i} \mu_{\tilde{C}}(v) / V \text{ и } \tilde{E}_r = \bigcup_{u \in U} \mu_{\tilde{E}}(u) / U -$$

нечёткие подмножества (НМ) множеств  $V_i$  и  $U$ , описывающие ограничения на возможные значения НП  $A_{if_i}$  и  $B_r$ ;  $\mu_{\tilde{C}}(\cdot)$  и  $\mu_{\tilde{E}}(\cdot)$  – функции принадлежности (ФП) для  $\tilde{C}_{if_i}$  и  $\tilde{E}_r$ . Например, для некоторого блока ПЭС диагностическим признаком  $\{X_1, X_2, X_3, X_4, X_5\}$  поставлены в соответствие следующие ЛП:

где терм - множества  $T_1 = \dots = T_5 = \{\text{немного увеличился, увеличился,}$   
 $\text{намного увеличился, немного уменьшился, уменьшился,}$   
 $\text{намного уменьшился, не изменился}\}.$

Вопрос построения ФП для  $\tilde{C}_{if_i}$  и  $\tilde{E}_r$  можно решить, используя рекомендации, представленные в [3,33,36-40].

$$\forall i, \forall j: \text{ЕСЛИ } X_1 \text{ ЕСТЬ } A_{1f_1}, \dots, X_n \text{ ЕСТЬ } A_{nf_n},$$
$$\forall i, \forall j, \forall f_i: \text{ЕСЛИ } X_i \text{ ЕСТЬ } A_{fi}, \text{ ТО } P_6(D_i/X_i) \text{ ЕСТЬ } B_r \quad (5.18)$$

Модель (5.17) лишена этого недостатка, но обладает большей размерностью. Правила типа (5.17) можно представить также в виде:

Если  $X_i$  ЕСТЬ  $A_{if_i}$ , ТО  $D_j$  с вероятностью  $B_r$ .

Таким образом, нечёткая продукционная модель (нечёткая база знаний) состоит из диагностирующих правил ("диспетчер-эксперт"):

ЕСЛИ  $X_i$  ЕСТЬ  $A_{if_i}$ , И

ЕСЛИ  $X_2$  ЕСТЬ  $A_{2f_2}$ , И

.....

ЕСЛИ  $X_n$  ЕСТЬ  $A_{nf_n}$ , ТО  $D_j$  с вероятностью  $B_r$ .

На основе набора правил строится матрица нечетких отношений:

$$X_j R D_j \text{ или } R = \bigcup_{x \in X \in D} \mu_R(x, d) / (x, d).$$

Общая структурная схема системы функциональной диагностики ПЭС теперь можно представить в виде (рис. 5.15).



Рис. 5.15. Система поддержки принятия диагностических решений

**Программа формирования баз данных и знаний системы диагностики ПЭС.** Программа разработана в системе программирования FOXPRO и готовит данные в формате экспертной системы GURU. Программа работает в диалоге с Пользователем, реализована в виде меню, включающего пункты: "База знаний", "База данных", "Моделирование", "Эксперт", "Сервис", "Выход". Каждый из пунктов имеет дополнительное всплывающее меню. Пункты всплывающего меню "База знаний": "Описание компонентов", "Описание

связей", "Описание входов", "Описание выходов", "Синтез фильтров", "Синтез кадров", "Синтез представлений", "Синтез правил" и дают возможность построить описание системы "Объект - система диагностики" в виде связанных баз данных, содержащих списки: компонентов объекта, связей между компонентами, информационных входов компонентов, информационных выходов компонентов, программных фильтров, обеспечивающих преобразование форматов данных (каждой связи, входу или выходу может быть назначено несколько фильтров), форматов входных информационных кадров, форматов представлений (выходных информационных кадров), список продукционных правил. Пункты всплывающего меню "База данных" дают возможность оперативного просмотра всех составляющих базы знаний в их взаимосвязи, а также просмотра содержимого базы данных системы в виде входных кадров, выходных представлений, выходов данных отдельных фильтров, результатов логического вывода по продукционным правилам. Пункт меню "Моделирование" включает средства построения и исследования моделей отдельных компонентов объекта. Пункт меню "Эксперт" включает штатный режим работы экспертной системы: сбор, накопление, обработку информации, логические выводы, представление результатов работы экспертной системы. Пункт меню "Сервис" включает различные сервисные средства. Необходимым условием работы системы является наличие СУБД FOXPRO и оболочки экспертной системы GURU.

*Итак*, получено математическое и программное обеспечение интеллектуальной системы диагностирования кризисного состояния ПЭС.

## **5.5. Технология антикризисного управления предприятием**

*Сущность антикризисного управления предприятием* заключается в обеспечении таких условий функционирования предприятия, когда финансовые, производственные, маркетинговые, кадровые и другие трудности не носят постоянный характер и достаточно быстро решаются с помощью специальных мероприятий.

Антикризисное управление предприятием - это система управления предприятием, которая имеет комплексный, системный характер и направлена на предотвращение и устранение неблагоприятных для деятельности предприятия явлений с помощью разработки и реали-



зации на предприятии специальных мероприятий, которые имеют стратегический характер и позволяют устранить временные препятствия, сберечь и преумножить рыночные позиции.

Некоторые авторы затрагивают вопросы антикризисного управления [4], считают, что оздоровительные мероприятия необходимо осуществлять только тогда, когда кризис отразился на финансовых результатах функционирования предприятия. Однако вывести предприятие из кризиса намного сложнее, чем своевременно его предупредить.

Поэтому очень важно, осуществляя оздоровление и в случае необходимости комплексную перестройку (реструктуризацию) предприятия, организовать такую систему управления, которая была бы нацелена на предотвращение кризисных ситуаций, и своевременное устранение проблем. Такая система управления должна иметь свои специфические черты на каждом из управленческих уровней и быть объединена специальной программой стратегического развития предприятия. Это позволит своевременно преодолевать возникающие временные препятствия, сохранять и увеличивать рыночные позиции при любых внешних (экономических, политических, социальных) условиях, опираясь, в основном, на собственные ресурсы.

Таким образом, целью антикризисного управления на предприятии является осуществление следующих мероприятий:

- диагностика процессов и тенденций, которые приводят к кризисным ситуациям;
- прогнозирование возникновения, развития и вероятных последствий кризисных ситуаций;
- осуществление антикризисного сопровождения (выявление процессов и тенденций, которые приводят или могут привести к кризисным ситуациям);
- проведение своевременной подготовки на случай возникновения чрезвычайных ситуаций (антикризисная профилактика);
- организация и координация эффективных действий для преодоления чрезвычайных кризисных ситуаций и их последствий.

**Становление теории антикризисного управления предприятием.** Антикризисное управление не является уникальным явлением, которое используется только в Украине. Большинство западных стран сталкиваются с подобными, хоть и менее острыми, проблемами. Специфика антикризисного управления отечественных предприятий заключается в том, что большинство из них нуждается в анти-

кризисном управлении одновременно с коренными изменениями на предприятии.

Например, в США после экономического кризиса 70-х – начала 80-х годов возникли большие трудности перед многими предприятиями полупроводниковой промышленности. Проведенные антикризисные мероприятия оказались безуспешными для многих компаний этой отрасли из-за ошибочно спрогнозированным рынком полупроводниковой продукции. В то же время фирма Intel благодаря радикальным технологическим изменениям, разработке новых продуктов и хорошо продуманным стратегическим целям достигла чрезвычайного роста, обеспечила себе надежную рентабельность и высокую конкурентоспособность (при 30% роста в целом по отрасли доля Intel составляла 65%).

В последнее время на Западе перестройка предприятий и внедрение антикризисного управления происходит в направлении проведения реинженеринга бизнес-процессов (БПР). Это понятие возникло в 1990 году и вызывает активную заинтересованность специалистов в отрасли менеджмента и информационных технологий. С 1994 года в США проводятся ежегодные конференции по БПР. Издано около десяти монографий и сотни статей, которые описывают БПР. Наиболее популярной признана книга М. Хаммера и Дж. Чампи (см. в [4]).

Понятие антикризисного управления (менеджмента) полностью вытекает из сущности БПР, хоть и является новым направлением. Необходимость антикризисного управления обоснована высокой динамичностью современного делового мира. В условиях непрерывных и достаточно существенных изменений в технологиях, рынке сбыта и потребностях клиентов компании, чтобы выжить и сохранить конкурентоспособность, вынуждены непрерывно перестраивать свою стратегию и тактику. Решением проблемы является внедрение принципов антикризисного управления, которое позволит предотвратить появление негативных явлений в бизнесе и обеспечить финансовую стабильность предприятий.

В современных условиях в Украине антикризисное управление должно улучшить эффективность деятельности предприятия и вывести его из кризиса. Его последующее использование связано с достижением коренных улучшений в бизнесе.

Многие проблемы на предприятиях Украины связаны с отсутствием качественной подготовки специалистов для деятельности в нестабильных рыночных условиях, тем более в условиях кризиса. В

нашей стране всего 0,5% занятых – менеджеры, в то время как в США этот показатель составляет около 16%. Поэтому реальных успехов в преодолении кризисного положения могут достичь лишь те предприятия, на которых внедрены научные подходы к управлению, управление осуществляют всесторонне подготовленные менеджеры, поскольку в каждом конкретном случае необходимо принимать нестандартные, рискованные и, в то же время, обдуманные и обстоятельные решения.

***Особенности организации и внедрения антикризисного управления на предприятии.*** Особую роль в антикризисном управлении играет финансовый менеджмент. Он состоит из стратегических и тактических элементов финансового обеспечения предприятия, что позволяет управлять денежными потоками и находить оптимальные денежные решения. Основой реализации данной системы на конкретном предприятии является ее соотношение с прибылью этого предприятия. Это позволяет руководству определить факторы, которые составляют структуру прибыли предприятия, обеспечить их детальную обработку и, как результат, – сформировать на предприятии систему финансового менеджмента.

В зависимости от деятельности предприятия и избранной им стратегии финансовый менеджмент базируется на соответствующем наборе финансовых инструментов. В общем случае система финансового менеджмента включает совокупность управленческих решений из движения финансовых средств и их эффективного использования, систему норм и положений из правил ведения финансовых расчетов, финансовый план и систему документов, которые отображают результаты разных видов деятельности (баланс предприятия, отчет о прибылях и убытках, отчет о движении денежных средств и др.).

В антикризисном управлении финансовая система предприятия должна эффективно решать следующие задачи:

- антикризисное финансовое планирование (содержание, порядок разработки и значение антикризисных мероприятий для улучшения состояния предприятия, прогнозирования финансовых показателей после проведения антикризисных мероприятий);

- анализ финансовой деятельности и финансовый контроль (изучение текущего финансового состояния предприятия, возможностей возобновления платежеспособности предприятия, определение уровней ликвидности, рентабельности; анализ использования капи-

тала и др.);

— источники финансирования (решение вопроса о возможности получения собственных финансовых ресурсов: реализация основных фондов, определение возможностей привлечения краткосрочного и долгосрочного кредитования;

— управление оборотным капиталом и его структурой;

— управление кредиторской задолженностью предприятия.

Исследование показало, что для эффективного решения этих задач необходимо сделать упор на создании системы бюджетирования, осуществления хозрасчетной политики, использовании финансового анализа и внедрении принципов инвестиционного менеджмента.

При правильном подходе к организации финансового менеджмента на предприятии, любое предприятие имеет реальную возможность улучшить свое финансовое состояние и получить толчок к активному развитию.

Существует много способов улучшения финансового состояния предприятия. Но успех никогда не будет стабильным, если он не опирается на продуманную конкурентоспособную маркетинговую стратегию.

Многие кризисные предприятия в Украине испытали поражение именно из-за отсутствия маркетинговой службы на них. Принцип централизованной экономики предлагать потребителю не то, что ему нужно, а то, что предприятие способно произвести, привел к развалу многих отечественных предприятий.

В то же время большинство предприятий на практике игнорируют основные маркетинговые принципы. Соответственно отделы маркетинга существуют лишь формально.

Основные ошибки, которых допускаются отечественными производителями, можно свести к следующим:

- отсутствие маркетинговых исследований и рынка;
- отсутствие стратегического плана;
- неудовлетворительная система ценообразования;
- неудовлетворительная система сбыта товара;
- отсутствие организации продвижения товара.

Таким образом, одной из самых важных задач является создание адекватной системы маркетингового управления на предприятии. Деятельность этой системы должна быть направлена на потребности потребителя.

В антикризисном управлении система маркетинга должна обеспечивать:

- всестороннее исследование состояния и перспектив конъюнктуры рынка, сбор и обработку информации о реальных потребностях потребителей;
- активное влияние на рынок, на формирование его потребностей и стимулирование сбыта;
- ориентацию производства на перспективные потребности рынка, адресность производимой продукции и научных результатов;
- использование новейших результатов научно-исследовательских работ, открытий и изобретений для производства и экспорта высокоэффективных наукоемких изделий, технологий и услуг.

Созданная таким образом система маркетинга обеспечит предприятию стойкую прибыль, соответственно надежное финансовое состояние, что позволит своевременно рассчитываться с поставщиками, рабочими, кредиторами и государством. А это в свою очередь будет еще одним шагом к возрождению и процветанию предприятия.

Улучшение состояния предприятия невозможно без улучшения его производственной деятельности. Направления изменений производственной деятельности вытекают из особенностей и тенденций развития рыночной экономики. Поэтому возникает необходимость разработки и использования новых принципов и стратегий развития производственного аппарата, так как эпизодические оперативные изменения не обеспечат желаемый результат.

Отметим следующие принципы развития производства на предприятии: программы производства, ориентированные на рынок и спрос; рентабельные партии спроса и поставки; ориентация на мощность поточных процессов сбыта; оборудование, ориентированное на поточные процессы сбыта; непрерывные поточные процессы, которые опираются на задание заказчиков; ориентация поточных процессов на интеграцию управления ими.

Стратегическое развитие производства на предприятии обеспечивают: разработка программы производства в виде детального перечня вспомогательных целей и задач, которые распределяются по уровням управления; разработка хозяйственного портфеля предприятия, ориентированного на удовлетворение роста спроса и изъятия

из производства товаров с низким спросом; ориентация на рыночные стратегии роста предприятия; ориентация производства на сферы привлекательности рыночной деятельности; ориентация производства на эффективные формы и каналы сбыта рыночного продукта.

Однако стабильность бизнеса, надежность позиций предприятия на рынке, его финансов и производства обеспечивают, прежде всего, «команда» профессионалов. Это не просто группа специалистов, творческий коллектив, способный самоорганизовываться, стремиться к нововведениям, развивать сотрудничество с другими, добиваться оптимального конечного результата.

С начала 90-х годов вопрос формирования единой команды на предприятии становится одним из самых важных в западном мире. Для отечественных предприятий эта проблема является достаточно новой.

Командная организация является более гибкой, более инновационной и демократической, чем традиционная организация. Здесь на первый план выходят инициатива и самостоятельность в принятии решений, а также самоконтроль. Работники имеют возможность получать высокие заработки. Именно при такой форме управления людьми менеджеры получают возможность раскрывать свои управленческие способности, а предприятия становятся способными к быстрому развитию.

Но ни одно предприятие не способно добиться фундаментального успеха на рынке, если оно не в полной мере использует возможности планирования и управления, в первую очередь, стратегического.

Необходимость осознанной стратегии для украинского предприятия – это не только способ выживания, но и возможность использовать свой потенциал и конкурентные преимущества выйти на мировой рынок. Наличие стратегии – это то, что отличает бизнес от большого цеха по производству товаров или услуг, которым является на сегодня рядовое украинское приватизированное предприятие.

Таким образом, стратегию можно определить как обдуманый поиск, анализ и разработку плана действий, которые будут развивать конкурентные преимущества предприятия.

Разработка стратегического плана особенно важна для современных украинских промышленных предприятий.

Проведенный анализ позволяет утверждать, что большое количество отечественных предприятий при правильно разработанной маркетинговой стратегии, даже в современных нестабильных условиях в

стране, способны стать лидерами в своих отраслях на традиционных рынках и иметь определенный успех на новых для себя рынках развитых стран.

Следовательно, для успешного функционирования каждому предприятию необходим хорошо разработанный стратегический план управления предприятием, который опирается на традиционные научные методы и современные достижения в отраслях экономики, математики, статистики, информационного обеспечения и др.

А. Ансофф рассматривает такие варианты построения стратегического управления: с учетом стратегических позиций; управление оранжеровкой стратегических задач; на основе учета “слабых сигналов”; в условиях стратегических неожиданностей.

Каждый из этих методов является эффективным для определенных условий функционирования предприятия. Поэтому, создавая систему стратегического управления отдельного предприятия, необходимо учитывать такие факторы, как отраслевая принадлежность и размеры предприятия, тип производства, характер специализации, наличие научно-технического потенциала, характерные черты производственного потенциала, уровень управления, уровень квалификации персонала и др.

Отметим, что стратегическое управление – это непрерывный и динамический процесс, поскольку одноразовый анализ и диагностика предоставляют ограниченную определенным отрезком времени информацию. Поэтому систему стратегического управления можно определить как гибкое многоплановое управление, нацеленное на конкурентоспособное существование предприятия в долгосрочной перспективе, которое включает определение целей и стратегий предприятия, разработку и обеспечение выполнения системы планов, усовершенствование предприятия и отдельных его подразделений. Таким образом, система стратегического управления есть одной из самых важных составляющих антикризисного управления предприятием.

Антикризисное управление – тяжелый, но необходимый регулирующий процесс, который позволяет предприятию стать эффективным и конкурентоспособным. Оно охватывает большое количество аспектов, которые могут рассматриваться в разной последовательности в зависимости от экономических обстоятельств и состояния предприятия.

Учитывая вышесказанное, наметим основные мероприятия внедрения антикризисного управления на предприятии.

1. Диагностика текущего состояния предприятия.
2. Анализ финансовой возможности.
3. Анализ производственного потенциала.
4. Анализ возможностей улучшения эффективности функционирования.
5. Разработка стратегического плана антикризисного управления.
6. Создание системы антикризисного управления финансовыми ресурсами.
7. Создание эффективной системы маркетингового управления.
8. Выбор прибыльной продукции и ее производство.
9. Создание эффективной автоматизированной информационной системы управления.

Внедрение антикризисного управления на предприятиях осложняется отсутствием соответствующего практического опыта, знаний и навыков, как в отечественном предпринимательстве, так и в зарубежном, поскольку само понятие антикризисного управления является новым в экономической науке. На Западе сегодня актуально такое научное направление, как “проблемный менеджмент”. В отечественной литературе, к сожалению, недостаточно освещены подходы к выведению предприятий из кризисного положения и улучшению их функционирования.

Процесс антикризисного управления предприятием должен обеспечить постепенный выход предприятия из кризисного состояния и возможность его эффективного функционирования в рыночной среде. Такой процесс предусматривает принятие сложных управленческих решений на всех его стадиях: от сбора информации до реализации управленческого решения. Поэтому возникает необходимость использования современных информационных технологий для обеспечения оперативности и обоснованности управленческих решений и наиболее полной реализации интеллекта и опыта ЛПР.

***Особенности использования информационных технологий в антикризисном управлении предприятием.*** Опыт использования методов экономико-математического моделирования и компьютерных технологий в деятельности предприятия показал, что методики, которые успешно применяются для построения автоматизированных систем управления предприятием, непригодны для решения много-



критериальных проблем, которые возникают у руководства высшего звена управления в условиях неопределенности и неполноты информации. Информация, насыщенная неформализованными данными, анализируется, преимущественно, на основе интеллектуального уровня и опыта ЛПР. Это обусловлено следующими причинами.

1. Увеличивается объем исходной информации, при этом возникают проблемы с ее формированием.
2. Возникает проблема достоверности полученного результата в связи с разнообразием методов решения задачи.
3. Получение приемлемого решения, как правило, характеризуется итеративностью всего процесса поиска решений.
4. Решением задачи выбора антикризисного управления может быть множество решений. Чтобы выбрать приемлемые решения на этапе анализа результатов ЛПР желательно наличие функции преимущества.

Другой проблемой является технологическое обеспечение информационной системы предприятия. Устаревшие, плохо интегрированные модули плохо отражаются на эффективности деятельности предприятия, требуют больших расходов на обслуживание и не обеспечивают безопасность информации. Интерфейсы, построенные на терминалах, запутывают конечных пользователей и усложняют доступ к необходимым данным. Кроме того, они отличаются отсутствием гибкости и низкой способностью к адаптации.

Существует следующие виды антикризисного управления:

- активное;
- реактивное;
- интерактивное.

Каждый из видов антикризисного управления с точки зрения информационных технологий (ИТ) представляет собой систему входов, процессов и выходов.

Для **активного АУ** роль ИТ становится решающей на этапе обработки информации, когда все полученные входные данные объединяются и превращаются в информацию, необходимую и пригодную для использования теми подразделениями предприятия, к которым она имеет отношение. Для определения рисков создаются списки слабых мест предприятия, которые используются при планировании управления рисками и контроле убытков. Планы кризисных коммуникаций создаются по отношению ко всем аспектам деятельности предприятия. Это позволяет возобновлять эффективную дея-

тельность предприятия, а также осуществлять управление безопасностью и сохранением ресурсов.

Входные данные для **реактивного** антикризисного управления включают данные, полученные на предыдущем этапе АУ: актуальную информацию о кризисных явлениях, риски организации и др. Это необходимо для установления приоритетности мероприятий по возобновлению эффективного функционирования предприятия. Обработка данных зависит от правильного использования информационных технологий. Одним из средств являются Internet-технологии, которые дают возможность получить последние данные о кризисных явлениях и оперативно принять антикризисные меры. Они используются при планировании кризисных коммуникаций для обеспечения рядовых сотрудников, менеджеров и других заинтересованных лиц информацией, которая может им понадобиться. Исходная информация представляет собой, в основном, зарегистрированные действия, которые осуществлялись для преодоления кризисной ситуации.

При **интерактивном** антикризисном управлении информационные технологии используют данные анализа кризисных явлений прошедших периодов. Применяя системы поддержки принятия решений, предприятие может формировать рекомендации и предложения для мероприятий с антикризисным управлением в будущем.

После обработки информации в интерактивном антикризисном управлении разрабатываются приемы тренировки и обучения на основе сценариев с учетом всех предыдущих кризисных ситуаций и антикризисных мероприятий для их преодоления.

Таким образом, информационные технологии являются основой антикризисного управления любого вида, т.к. на них основаны все процедуры антикризисного управления на предприятии.

Вместе с тем ИТ представляют собой один из наибольших рисков предприятия. Это связано с тем, что глобальная распространенность распределенной вычислительной среды делает любые предприятия и организации уязвимыми.

Так, при активном антикризисном управлении риск ИТ заключается в конфиденциальности, доступности и целостности ИТ - ресурсов. Эти риски связаны с возможностью отключения телефонных систем, возникновения вирусов, проникновения хакеров в систему, недостатками операционной системы и программного обеспечения, использованием электронной почты и web-серверов.

Таким образом, эффективность использования информационных технологий и эффективность функционирования системы антикризисного управления в целом, определяется с помощью (5.19).

$$f(r, t) \rightarrow \min, \quad (5.19)$$

где  $r$  - общее количество ресурсов, расходуемых на АУ (материальные, интеллектуальные, трудовые);  $t$  - время стабилизации функционирования предприятия.

В общем случае, задача антикризисного управления делится на две подзадачи:

1. Планирование (выбора оптимальной траектории достижения цели);
2. Оперативное управление (реализация избранной на первом этапе траектории в условиях случайных возмущений).

При этом при планировании минимизируется, в основном  $r$ , а при оперативном управлении -  $t$ .

Система антикризисного управления должна обеспечить эффективное решение следующих задач:

1. Ранняя диагностика кризисных явлений в деятельности предприятия.
2. Срочное реагирование на кризисные явления.
3. Адекватность реагирования предприятия на случай реальной угрозы его эффективной деятельности и финансовому равновесию.
4. Полная реализация внутренних возможностей выхода предприятия из кризисного положения.

Эти задачи являются достаточно сложными, и их своевременное решение в современных условиях становится необходимой составляющей успешной деятельности предприятия

Таким образом, можно сделать вывод о том, что в процессе антикризисного управления предприятием является необходимой адекватная информационно-интеллектуальная поддержка.

**Информационно-интеллектуальная система поддержки антикризисного управления предприятием.** Информационно-интеллектуальная система поддержки антикризисного управления предприятием может полностью выполнять функции руководителя-специалиста или играть роль ассистента для ЛПР. Основой проектирования является знание о пользователе, которое лежит в определении двух основных типов информации:

- характеристики пользователя (психологические, физические

характеристики, образование, опыт и др.);

- задачи пользователя (диагностика, разработка сценариев, выбор наилучшего решения и др.).

При этом качественно разработанная информационно-интеллектуальная система поддержки антикризисного управления предприятием впоследствии становится полезной не только для руководителей высшего звена управления, но и для менеджеров предприятия. Такая система согласно [4] должна удовлетворять следующим требованиям:

- простота изучения системы;
- эффективность в использовании; результатом должно быть повышение производительности;
- запоминание: пользователи, которые редко пользуются системой, должны быть готовы вернуться к ее использованию без повторного обучения;
- ошибки: система должна быть спроектирована таким образом, чтобы предотвращать появление ошибок и позволять пользователям легко исправить ошибку, если она была допущена.

Таким образом, кажется целесообразным создание информационно-интеллектуальной системы поддержки антикризисного управления предприятием, которая предоставляет возможность менеджерам предприятия осуществлять эффективное управление по определенным направлениям деятельности предприятия, осуществлять координацию их деятельности, быстро находить информацию об изменениях внутреннего состояния предприятия и изменениях, которые происходят во внешней экономической среде, отслеживать тенденции, а также оценивать эффективность управленческих решений, которые принимаются в условиях осуществления выведения предприятия из кризисного положения.

Общая схема выбора управленческого решения в информационно-интеллектуальной системе антикризисного управления предприятием представлена на рисунке 5.16.

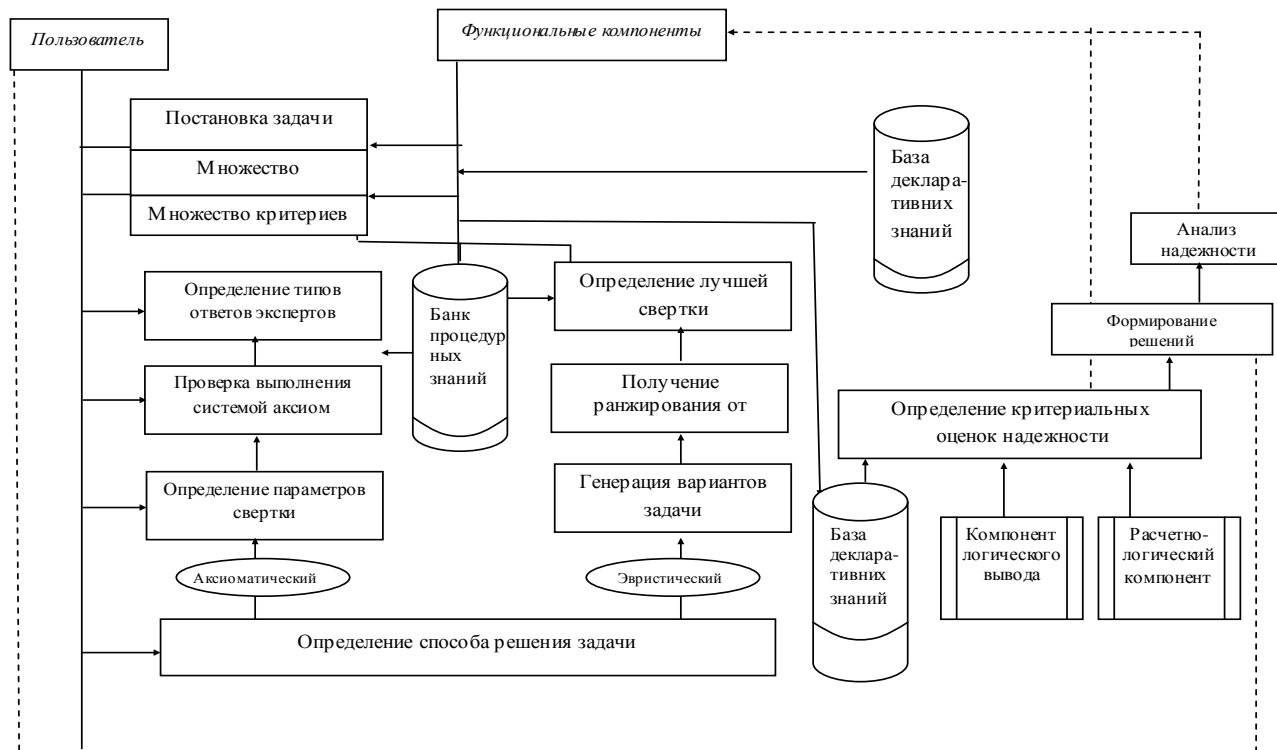


Рис. 5.16. Общая схема выбора управленческого решения в информационно-интеллектуальной системе антикризисного управления предприятием.

Такая система базируется на достижениях в области искусственного интеллекта и реализует следующие функции:

1. Выявление и формализация преимуществ ЛПР.
2. Обработка ситуаций недостаточности и противоречивости исходных данных.
3. многокритериальное сравнение вариантов в условиях определенности, риска и неопределенности условий функционирования предприятия (его структурных элементов).
4. Обоснование результатов сравнения вариантов в диалоге с ЛПР.
5. Анализ устойчивости ранжирования вариантов.
6. Нахождение соответствующего класса проблемных ситуаций и применения соответствующих моделей и методов управления к проблеме, которая была диагностирована на предприятии.
7. Автоматическое построение плана расчетов.
8. Автоматическая реализация избранного плана расчетов.
9. Интерпретация полученного результата на языке, близком к природному.

Реализация приведенных функций предусматривает использование методов и моделей, приведенных в п. 5.2. данной работы. При этом рационализация управления, налаживания эффективных функциональных связей, всестороннее обоснование управленческих решений, могут быть достигнуты путем автоматизации внутрипроизводственного управления. Требования относительно повышения уровня организации производства, обеспечение координации деятельности всех подразделов можно выполнить только интеграцией всех функций управления в единую внутрипроизводственную интегрированную автоматизированную систему антикризисного управления.

***Интегрированная автоматизированная информационная система антикризисного управления предприятием (ИАСАУП).*** Основной целью такой системы является повышение эффективности управления всеми процессами – от организационно-экономических и технологических до проектирования изделий и технологий их изготовления. Благодаря этому достигается комплексная автоматизация процессов управления. ИАСАУП строится на основе многокомпонентной схемы организации деятельности предприятия. В ее состав входят следующие типы автоматизированных информационных систем (АИС): финансового управления и

учета; производственного и логистического управления; маркетингового и инвестиционного управления; управления персоналом; общего управления.

При этом каждая из отмеченных информационных систем является, с одной стороны, самостоятельной и включает в себя все этапы антикризисного управления - активное, реактивное и интерактивное, а с другой стороны, хорошо интегрируется в единую АИСАУП. (рис.5.17).

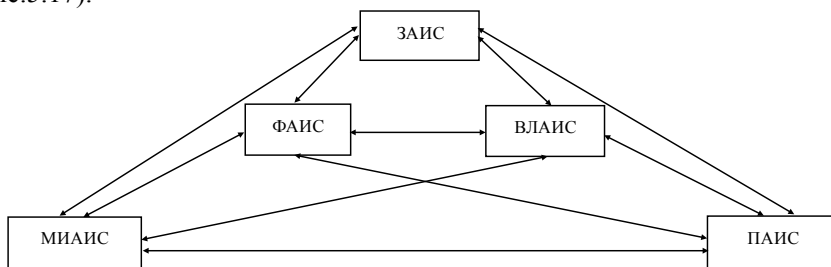


Рис.5.17. Схема организации (АИСАУП)

Каждая из составных АИСАУП может внедряться и функционировать независимо от других, а также в произвольных их комбинациях.

Использование гибкой системы настройки предоставило возможность адаптации программного аппарата практически к любым условиям и требованиям осуществления производственного цикла и принятия управленческих решений. Кроме того, при использовании многокомпонентной схемы организации информационной системы предприятия значительно повышается надежность и длительность жизнеспособности этой системы, а также обеспечивается наиболее полное выполнение необходимых функций.

Таким образом, современную информационную систему необходимо строить в виде программных модулей, которые органически связаны между собой, и в то же время способны работать в автономном режиме. Такая многокомпонентная система обеспечивает соблюдение основного принципа построения автоматизированных информационных систем — отсутствия дублирования ввода исходных данных. В то же время, информация, которая была получена в результате ввода или обработки одного из модулей информационной системы, может быть использована любым другим ее компонентом. Общая структура взаимодействия подсистем АИСАУП представлена на рис.5.18.

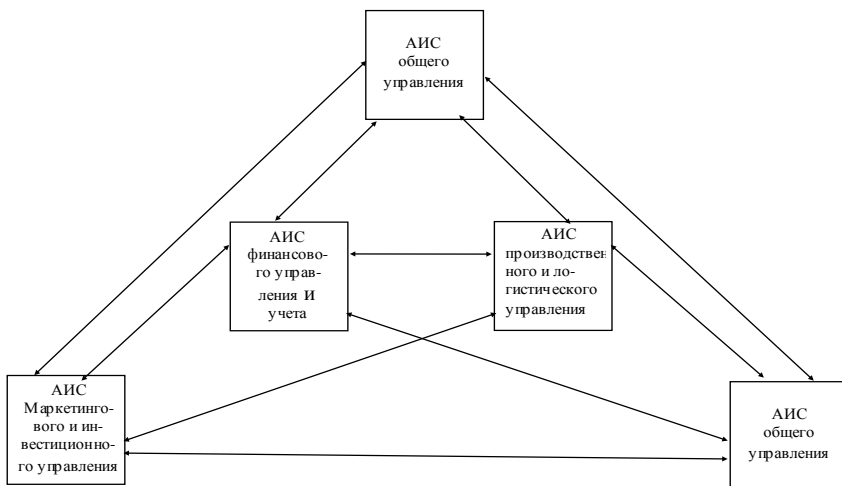


Рис.5.18. Общая структура взаимодействия подсистем АИСАУП

Следовательно, модуль построения современных информационных систем гибко варьировать конфигурацией этих систем (например, можно включить компонент для создания хранилища данных интерактивного антикризисного управления, разделив системы активного и реактивного антикризисного управления), а также проводить их поэтапное внедрение в эксплуатацию и таким образом, снижает вероятность риска кризисного положения предприятия.

Подводя итоги, отметим, что взаимодействие между информационными технологиями и антикризисным управлением является вопросом сложным и неоднозначным. Это обусловлено тем, что с одной стороны, информационные технологии предотвращают риск на предприятии, а с другой, - сами выступают в роли одного из наибольших рисков предприятия. Поэтому вопрос обеспечения оптимального взаимодействия между информационными технологиями и антикризисным управлением требует последующего исследования и решения.

***Построение автоматизированной информационной системы антикризисного управления финансовой деятельностью предприятия.*** Прогресс в области наращивания мощности и производительности компьютерных систем, развитие сетевых технологий и систем передачи данных, широкие возможности интеграции компь-



ютерной техники в самое разнообразное оборудование позволяют постоянно наращивать производительность информационных систем и их функциональность.

Параллельно с развитием технических средств, в течение последних десяти лет, происходит постоянный поиск новых, более совершенных методов программно-технологической реализации АИС. Во-первых, изменяется общий подход к программированию: с начала 90-х годов объектно-ориентированное программирование фактически выживало модульное и сейчас непрерывно совершенствуются методы построения объектных моделей. Во-вторых, с развитием сетевых технологий, локальные бухгалтерские системы уступают свое место клиент-серверным реализациям. Кроме того, в связи с активным развитием Internet, появляются все большие возможности работы с удаленными подразделениями, открываются широкие перспективы электронной коммерции, обслуживание покупателей через Internet и многое другое.

Даже поверхностный анализ общего состояния на мировом рынке производителей экономического программного обеспечения позволяет сделать вывод о том, что основной тенденцией сегодня является переход к использованию Internet/Intranet-технологий. Практически все гиганты этой индустрии, такие как Baan, SAP, PeopleSoft и др., в течение 2000 года разработали Internet-версии своих программных комплексов. Но использование определенных технологий при построении информационных систем не является самоцелью разработчика, а наибольшее развитие получают те технологии, которые в наибольшей мере отвечают существующим потребностям.

В достаточной мере, вышеупомянутая тенденция связана с развитием концепции XML (Extensible Markup Language). Невзирая на определенное сходство, XML не является просто новой версией развития HTML. С помощью XML очень удобно описывать структуры данных в виде XML-объектов. В случае с информационными системами на предприятии роль таких объектов играют универсальные бизнес - объекты, которые в большинстве случаев имеют древовидную структуру. Описанные бизнес - объекты являются также удобным средством для обмена информацией между разными программными средствами.

Структура построенной финансовой информационной системы имеет следующую древовидную структуру (рис. 5.19).

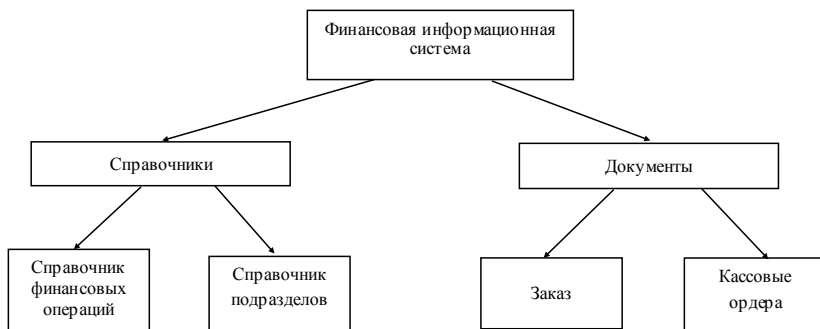


Рис. 5.19. Структура финансовой информационной системы

Соответствующая XML-структура финансовой информационной системы состоит из списка XML-тегов, которые описывают основные элементы системы.

```

<FIS>
  <Refers>
    <Operations/>
    <Staff/>
  </Refers>
  <Documents>
  </Documents>
</FIS>.
  
```

В результате получаем описание структуры финансовой информационной системы на уровне конечных бизнес - объектов. Для каждого объекта создается его описание на языке XML. Причем любой бизнес-объект должен удовлетворять как минимум четырем методам: формирование списка элементов, которые входят в объект; формирование информации по конкретному объекту; добавление/изменение объекта; удаление объекта.

Таким образом, построенная финансовая информационная система (ФАИС) – это многокомпонентная система с распределенной базой данных по уровням экспертизы.

Разработанная ФАИС позволила перераспределить обязанности служащих финансового отдела и бухгалтерии по принципу *ввод данных - проверка правильности ввода – перевод данных в конечные файлы*. При этом проводки формируются автоматически по месту осуществления хозяйственной операции на основе определенного плана проводок для данного типа операции и исходных документов,

часть которых может быть создана в самой системе. В обязанности специалистов бухгалтерии входит лишь контроль правильности ввода исходных документов, возможная дополнительная корректировка и разноска данных для представления в бухгалтерских отчетах.

Аналогично изменяются функции специалистов финансового отдела, обязанности которых изменяются от создания отчетов для руководства к анализу по состоянию финансов в произвольной валюте и в любой момент времени с возможностью проигрывания сценариев «если – то».

Основным условием для успешного построения информационной системы на предприятии, в частности финансовой информационной системы, есть скоординированная деятельность по следующим техническим и социально-ориентированным направлениям.

- анализ текущей производственно-хозяйственной практики (учетной политики);
- анализ существующего программного обеспечения;
- постановка задач для конфигурации и доработка приобретенного программного обеспечения;
- программирование отсутствующего ПЗ.

При осуществлении социально-ориентированных мероприятий необходимо обеспечить:

- исследование персонала;
- выявление приверженцев и противников системы;
- разработку программ обучения;
- конструирование ситуаций, которые максимизируют эффективность обучения персонала;
- обучение и сертификацию персонала (конечных пользователей).

Проведенный анализ показал, что в силу того, что каждое предприятие имеет свою собственную специфику, которая отображается не только в области деятельности, а также во внутренних методах управления, сложившихся в течение десятилетий, основными критериями при построении информационных систем является гибкость и адаптация под конкретного заказчика. Поэтому рекомендациями для создания информационных систем является многокомпонентная технология как наиболее привлекательная и перспективная.

Действительно, она соединяет гибкость выбора необходимых компонент информационной системы, что свойственно собственной разработке отдельного блока системы, например финансового, и

надежность кода и функциональную полноту, которая проверена многократным использованием (свойственно большим коммерческим программным пакетам). Более того, многокомпонентная технология позволяет оперативно вносить изменения в существующую информационную систему, не нарушая ее работоспособности. При этом новые программные модули могут работать как с новыми, так и с предыдущими программными разработками. Это решает проблему последующих систем – нет потребности их замены для расширения или изменения функциональности, т.е. расходы на сопровождение и модернизацию информационной системы снижаются.

Для того чтобы многокомпонентная архитектура информационных систем стала реальностью, необходимо выполнение следующих условий:

- наличие методологии анализа и проектирования информационных систем, обеспечивающей компонентную разработку и составление систем;
- формирование рынка готовых программных компонент, которые поддерживают общие стандарты на технологию разработки и составления компонент;
- стандартные компоненты программного обеспечения «инфраструктуры» информационной системы, обеспечивающие взаимодействие между компонентами системы.

Проведенное исследование также показало, что использование Internet-технологий в интернет-сетях предприятия предоставляет весомые преимущества. В частности, они позволяют освободить сотрудников финансовой и других служб от медленной и трудоемкой работы с бумажными документами. Замена бумажных процессов электронными позволяет интеллектуальным рабочим заниматься умственным трудом, а также экономить средства на обработке бумажных документов и на самой бумаге.

Электронные инструменты не только снижают стоимость транзакций и расходных материалов. Так, бизнес-правила встраиваются в систему еще при разработке, поэтому, например, заказ с неверным кодом статьи финансовых расходов не будет принят, это освобождает финансовых работников от многочасового поиска ошибок в учетных записях. Взаимодействие с поставщиками полностью документируется, расходы известны предварительно, поэтому неприятные неожиданности исключаются. Кроме того, оплата поставщикам по-

ступает намного быстрее, что стимулирует их более оперативно доставлять заказ.

Использование Internet-технологий при построении информационных систем открывает еще много интересных возможностей для предприятия – с их помощью компания может создать защищенный канал отдаленного рабочего места аудитора, который работает с финансовой отчетностью предприятия, организовать в Internet полнофункциональное виртуальное представительство, которое может принести предприятию высокие прибыли и др.

К сожалению, вопрос информационной безопасности на современном этапе работы с отдаленным доступом к данным остается открытым. Но вопросы безопасности информации, которая передается по сети, не имеют прямого отношения к реализации АИС, так как над ними работает целая индустрия разработчиков специализированного программного обеспечения. Программные продукты безопасности информации достаточно дорогие и избираются в каждом отдельном проекте построения информационных систем по принципу максимума коэффициента функциональность/стоимость.

Можно сказать, что информационные технологии предоставляют доступ к данным, которые позволяют предприятию глубже понять свой бизнес, действовать быстро и решать такие задачи, которые раньше были неподъемными. Информационные технологии и бизнес становятся все более взаимоувязанными. Поэтому вопрос построения современной финансовой информационной системы как основного элемента единственной информационной системы предприятия является крайне необходимой потребностью для каждого предприятия.

## **5.6. Виртуальные технологии и системы в антикризисном управлении предприятием**

Как было показано выше, антикризисное управление предприятием нуждается в применении современных информационных технологий для обеспечения эффективного выведения предприятия из кризисного состояния и последующего его успешного развития. Такими информационными технологиями могут быть виртуальные технологии.

*Перспектива использования виртуальных технологий и систем в антикризисном управлении предприятием.* Виртуальные

технологии включают у себя генерирующие компьютером изображения и звук, телевидение высокой четкости, голографию, тактильные имитаторы, и др. Высокие требования к виртуальным системам могут быть удовлетворены с помощью новых технологий сжатия данных, новых видов более миниатюрных и более мощных чипов, новой фотонной компьютерной памяти. Более того, фотонная компьютерная память потенциально совместима с волоконно-оптическими телекоммуникационными магистралями.

Уже сейчас виртуальные системы могут передавать и возобновлять информацию 60 раз за секунду [4,5], и это намного больше, чем может зафиксировать мозг человека. Фактические и потенциальные виды применения виртуальных систем в управлении предприятием включают следующие:

- *Управление финансами.* В финансовом управлении виртуальные технологии осуществляют сложные прогнозные модели и эвристические системы. Пользователи могут работать с графической информацией, опробовать разнообразные сценарии с помощью средств, которые улучшают восприятие и понимание моделей и ситуаций, делают риски более очевидными.

- *Маркетинг.* Виртуальные технологии открывают неограниченные перспективы по отношению к новым продуктам и услугам: новые возможности для позиционирования продукта, продвижение на рынок, доставка. По отношению к отдельным продуктам существует возможность опробовать виртуальные версии, прежде чем покупать товар.

- *Производство.* Виртуальные технологии (например, интерфейс CAD) предоставляют возможность проектировщику тщательным образом разработать, "притронуться" к виртуальным объектам. В случае управления большим производственным процессом виртуальные технологии могут воспроизводить условия физического присутствия при процессе, дополняя модели контроллеров. Кроме того, квалифицированные операторы могут работать дистанционно.

- *Кадры.* Виртуальные технологии используются для дистанционного обучения и подготовки квалифицированных кадров. Здесь объединяются визуальные, слуховые, тактильные входные данные. В этом случае обучение становится более доступным.

- *Стратегия и структура.* Наиболее глубокое влияние на деятельность предприятия и управления им оказывают тенденции радикального пересмотра традиционной концепции организации, соб-

ственности и богатства. Телекоммуникационные сети размывают организационные границы. Сейчас виртуальные технологии имеют потенциал к устранению границ между людьми с помощью дистанционного присутствия и созданных компьютером миров. Возникают вопросы: "кто будет в виртуальном мире управлять ими, и с какой целью?", "Что будет рассматриваться как богатство и собственность?", и тому подобное. Ответ на эти вопросы будет толчком к созданию виртуальных предприятий и разработки новых стратегий управления.

Таким образом, виртуальные технологии имеют потенциал для изменения мнения людей о деятельности предприятия, самом предприятии, своем месте в этом процессе и о себе. Со временем, вероятно, управление предприятием будет развиваться согласно развитию виртуальных технологий, и рассматриваться как управление виртуальными предприятиями. Поэтому вопрос развития виртуальных технологий в соединении с управлением предприятием, в частности антикризисным управлением предприятием, является очень актуальным и требует своего исследования и развития.

***Виртуальная организация деятельности предприятия.*** Вместе с тем, новые информационные технологии нуждаются в новой технологии управления предприятием. Такой технологией управления является антикризисное управление предприятием, что позволяет оптимизировать деятельность отдельных предприятий на основе методов многокритериальной оптимизации и максимально эффективно использовать самые сильные стороны отдельных предприятий для повышения их общего экономического потенциала.

В деятельности современных предприятий наблюдается определенный сдвиг от непосредственного производства к сфере услуг, а задачи производства и сбыта заменяются на более сложные: обеспечить наиболее полное удовлетворение потребностей заказчика за счет своевременного изготовления или поставки необходимых товаров. При этом понятие качества продукции становится более субъективным, формируется в процессе взаимодействия производителя и потребителя, а уровень качества определяется степенью соответствия характеристик товара, набора требований потребителя.

Основой такого взаимодействия могут быть виртуальные технологии, с помощью которых необходимый товар может быть изготовлен и адаптирован к требованиям потребителя в короткий срок, в

любом месте и в разнообразной форме. Это возможно при условиях кооперации и интеграции предприятий в виртуальные предприятия.

Отметим, что виртуализация предприятий включает построение трех следующих составляющих:

- *виртуального рынка* – рынка товаров и услуг, который базируется на основе коммуникационных и информационных возможностей глобальных сетей (Internet);
- *виртуальной реальности*, позволяющей отображать и моделировать реальные разработки производства в кибернетическом пространстве, который является и средством и средой одновременно;
- *виртуальной организации деятельности предприятия*, т.е. непосредственно виртуальное предприятие.

Наиболее интересным и актуальным направлением исследования является виртуальная организация деятельности предприятия. Это обусловлено тем, что сегодня большинство отечественных предприятий находится на грани банкротства и для выведения их из кризисного состояния необходимо искать новые прогрессивные методы управления, которые предусматривают наименьшие расходы. Поэтому виртуальная форма организации деятельности предприятий, основным преимуществом которых является возможность выбирать и использовать наилучшие ресурсы, знания и способности с наименьшими расходами, в этом аспекте является привлекательной и перспективной.

Существует много определений виртуального предприятия, но с учетом особенностей практического функционирования таких структур, наиболее точным является следующее определение [5]: «виртуальное предприятие – это воображаемое предприятие, процессы управления которым моделируются с помощью программных и сетевых средств, а также интеллектуальных информационных технологий для объекта, что представляет собой систему объединенных на некоторое время предприятий и подразделов, которые расположены в разных географических местах, с целью наилучшего выполнения рыночного заказа».

Основной целью виртуального предприятия является получение прибыли с помощью максимального удовлетворения потребностей потребителей в товарах и услугах быстрее и лучше потенциальных конкурентов. В отличие от обычного предприятия, виртуальное ориентировано не на удовлетворение потребностей какого-то сегмента рынка, а на выполнение определенных рыночных заказов, в том чис-



ле и индивидуальных заказов потребителей, а также увеличивает скорость и качество выполнения заказа объединением ресурсов разных партнеров в единую систему.

Так, обычному предприятию для разработки и вывода нового товара на рынок необходимо привлечение значительных средств, тогда как виртуальное предприятие ищет новых партнеров, которые имеют ресурсы, знание и способности, соответствующие рыночным потребностям, для совместной организации и реализации этой деятельности, что позволяет достичь конкурентного преимущества на рынке. Отметим, что партнерство заключается на определенный период или до достижения определенного результата.

Конечно, при образовании виртуального предприятия существует такое предприятие, которое занимается управлением компетенциями третьей стороны. Поэтому для эффективной работы в целом такое предприятие-руководитель должно, как минимум, уметь идентифицировать и привлекать компетенции, необходимые для реализации проекта, и на основе привлеченных компетенций организовать процесс создания и сбыта продукции. Таким образом, можно выделить следующие основные функции управления виртуальным предприятием как сетью партнеров:

- определение требований проекта;
- поиск возможных партнеров;
- оценка и определение исполнителей, которые наилучшим образом соответствуют требованиям проекта;
- привлечение и распределение исполнителей;
- отслеживание и перераспределение партнеров и ресурсов по задачам.

Отметим, что для эффективного функционирования виртуального предприятия, предприятия-партнеры должны базироваться на согласованном хозяйственном процессе. Т.е. виртуальное предприятие должно иметь единую информационную систему, которая базируется на широком использовании современных информационных и коммуникационных технологиях.

Создание виртуальных систем управления требует новых методов проектирования, специального программного обеспечения и современных информационных технологий. Сегодня для разработки виртуальных технологий, кроме традиционной текстовой и числовой информации, необходимы также мультимедийные данные, такие как видео, аудио и анимация. Мультимедийные программные пакеты

проще для понимания и позволяют быстро и легко воспринимать большой объем информации. Для разработки мультимедийных программных пакетов используются объектно-ориентированные языки. Но в силу неоднородности информации, которая сохраняется на предприятиях (реляционные, иерархические, сетевые базы данных и др.), возникает необходимость согласования виртуальных систем с множеством языков программирования, а также возможности обращения к данным из любой клиентской среды. Поскольку по мере роста виртуального предприятия, увеличивается и объем информации, возникают проблемы с ее сохранением, сортировкой, отслеживанием, индексацией и др. При этом часто возникает необходимость комбинировать мультимедийную информацию с традиционной, которая сохраняется в реляционных и нереляционных базах данных. Таким образом, главным требованием к программному обеспечению для виртуальных предприятий является упрощенный метод сохранения и обработки мультимедийных данных вместе с традиционными типами данных предприятий.

Решением данной проблемы на сегодня является поддержка разработки сложных объектно-ориентированных прикладных систем и использования объектной технологии. Объектная технология позволяет комбинировать мультимедийные данные с другими типами информации, включая бизнес-логику, и создавать бизнес - объекты. Последние представляют собой наборы связанных данных, включающих также программные коды, так называемые методы, которые используются для формирования пакетов, имеющих отношение к определенному звену предприятия. Методы создаются и сохраняются вместе с данными в бизнес - объекте и представляют собой набор правил, определяют, как может объект взаимодействовать с пользователями, программами или другими объектами.

При создании виртуальных предприятий, необходимо ориентироваться на прогрессивные системы управления базами данных и знаний, которые представляют собой объектно-ориентированную среду программирования для сложных мультимедийных пакетов бизнес - программ, позволяющих быстро собирать из объектов мощные, насыщенные мультимедийными элементами, программные пакеты, которые хорошо работают в разных средах: в Internet, корпоративных сетях интранет или экстранет, на автономной рабочей станции или в клиент-серверной системе. Системы управления базами данных и знаний должны иметь открытую архитектуру, позво-

ляющую одинаково эффективно обращаться из программных пакетов, написанных с помощью Java, C, C++, HTML, а также производным инструментарием, который поддерживает ActiveX или OLEDB, такими как Visual Basic.

Так как виртуальные предприятия призваны помочь предприятию успешно работать в таких сложных современных экономических условиях, для них целесообразно использовать антикризисные методы управления, направленные на оздоровление кризисных предприятий и эффективное функционирование предприятий в нестабильных рыночных условиях.

## Список использованной литературы

1. Рамазанов С.К. Автоматизация управления производственно-транспортными комплексами в системе экологического мониторинга. Монография.- Луганск: ВУГУ, 1996. - 268 с.
2. Зелинский С. Э. Автоматизация управления предприятием. – Учебное пособие. - К.: Кондор, 2004. - С. 518.
3. Рамазанов С.К. Модели эколого-экономического управления производственной системой в нестабильной внешней среде. Монография. – Луганск: Изд-во ВНУ им. В. Даля, 2004. – 384с.
4. Рамазанов С.К., Степаненко О.П., Тимашова Л.А. Технології антикризового управління. Монографія. – Луганськ: СНУ ім. В. Даля, 2004. – 192с.
5. Тимашова Л.А., Рамазанов С.К., Бондар Л.А., Лещенко В.А. Организация виртуальных предприятий. Монография. – Луганск: ВНУ им. В. Даля, 2004. – 368с.
6. Воронкова А.Е., Рамазанов С.К., Родіонов О.В. Моделювання управління конкурентоспроможністю підприємства: еколого-організаційний аспект. Монографія. – Луганськ: Вид-во СНУ ім. В. Даля, 2005. – 368с.
7. Бакаєв О.О., Грищенко В.І., Бажан Л.І., Бакаєв Л.О. Мікроекономічне моделювання і інформаційні технології. Монографія. – К.: Наукова думка, 2003. – 182с.
8. Програма дій "Порядок денний на ХХІ століття" / Пер. с англ. : ВГО "Україна. Порядок денний на ХХІ століття". – К.: Інтелсфера, 2000. – 360с.
9. Магницкий Н.А., Сидоров С.В. Новые методы хаотической динамики. – М.: Едиториал УРСС, 2004. – 320с.
10. Тарасевич Ю.Ю. Математическое и компьютерное моделирование. Вводный курс: Уч. пособие. - М.: Едиториал УРСС, 2002. – 144с.
11. Сергеева Л.Н. Нелинейная экономика: модели и методы. Монография. – Запорожье: «Полиграф», 2003. – 218с.
12. Малинецкий Г.Г., Потапов А.Б. Современные проблемы нелинейной динамики.- М., 2000. – 336с.
13. Короновский А.А., Трубецков Д.И. Нелинейная динамика в действии. - Саратов: Изд-во ГосУНЦ "Колледж", 2002. – 324с.
14. Хакен Г. Синергетика /Пер. с англ. М.: Мир, 1985.
15. Петерс. Э. Хаос и порядок на рынках капитала. –М.: Мир. 2000. – 333 с.
16. Капица С. П., Курдюмов С.П., Малинецкий Г. Г. Синергетика и прогнозы будущего. Сер. "Синергетика: от прошлого к будущего". – М.: Наука, 2003. – 288с.
17. Синергетика и проблемы теории управления/ Под ред. А. А. Колесникова. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. - 504с.
18. Владимиров В.А., Воробьев Ю.Л., Малинецкий Г.Г. и др. Управление риском. Риск, устойчивое развитие, синергетика. – М.: Наука, 2000. – 432 с.
19. Занг В.-Б. Синергетическая экономике. Время и перемены в нелинейной экономической теории: Пер. с англ. – М.: Мир, 1999. – 335с.

20. Лоскутов А. Ю., Михайлов А. С. Введение в синергетику. - М.: Наука, 1990.
21. Грицык В.В. Информационные технологии и системы: состояние и перспективы. // Проблемы управления и информатики. - 1997. - № 2. - с.5-21.
22. Гриценко В.И. и др. Современные подходы к созданию распределенных информационных систем. // Управляющие системы и машины. - 1998. № 3. - с.3-9.
23. Згуровский М.З. Стан та перспективи розвитку методології системного аналізу в Україні. // Кибернетика и системный анализ. - 2000. - №1. - с. 101-109.
24. Алиев Р.А., Абдикеев Н.Р., Шахназаров М.М. Планирование производства в условиях неопределенности. - М.: Радио и связь, 1990.-286с.
25. Алиев Р.А., Абдикеев Н.Г., Шахназаров М.М. Производственные системы с искусственным интеллектом.- М.: Радио и связь, 1990.- 264с.
26. Згуровский М.З. Интегрированные системы оптимального управления и проектирования: Учеб. пособие. - К.: Выща шк., 1990. - 351 с.
27. Искусственный интеллект: Справочник. В 3-х кн. - М.: Наука, 1990.
28. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта /Под ред. Д.А. Пospelова. - М.: Наука, 1986, -318с.
29. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации/ Пер. с польского И.Д. Рудинского. - М.: Финансы и статистика, 2002. - 344с.
30. Матвійчик А.В. Аналіз та прогнозування розвитку фінансово-економічних систем із використанням теорії нечіткої логіки. Монографія. - К.: Центр навчальної літератури, 2005. - 206с.
31. Рамазанов С.К., Ульшин В.А. Интеллектуальная система эколого-экономического управления технологическими процессами углебогательных фабрик // Автоматизация и современные технологии.- 1995. - №6. - с. 46-53.
32. Борисов А. Н. Модель принятия решений на основе лингвистической переменной. - Рига: Зинатне. -1982. - 256 с.
33. Борисов А.Н., Алексеев А.В., Меркурьева Г.В. др. Обработка нечеткой информации в системах принятия решений. - М.: Радио и связь, 1989. - 348с.
34. Кунцевич В.М., Лычак М.М. Синтез оптимальных и адаптивных систем управления: Игровой подход. - Киев.: Наук. думка, 1985. - 248с.
35. Куржанский А.Б. Управление и наблюдение в условиях неопределенности. - М.: Наука, 1977.-392с.
36. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта /Под ред. Д.А. Пospelова. - М.: Наука, 1986, -318с.
37. Ульянов С.В. Нечеткие модели интеллектуальных систем управления: теоретические и прикладные аспекты (обзор)/Изд. АН СССР. Сер ТК.- 1991. - N 3 - с.3-29.
38. Захаров В.Н., Ульянов С.В. Нечеткие модели интеллектуальных промышленных регуляторов и систем управления. ч. I, II, III // Изв. РАН. Техн. кибернетика. - 1992. - №5. - с.171-196; 1993. - №4. - с.189-205; 1993. - №5. - с.197-220.

39. Алиев Р.А., Захарова Э.К., Ульянов С.В. Нечеткие модели управления динамическими системами//Итоги науки и техники. Сер. ТК. - М.:ВИНИТИ АН СССР. - 1990. - т.29; 1991. - т.32.
40. Заде Л. А. Размытые множества и их применение в распознавании образов и кластер-анализе. - В кн.: Классификация и кластер. - М.: Мир, 1980. - с. 208-247.
41. Черноусько Ф.Л. Оценивание фазового состояния динамических систем, Метод эллипсоидов. – М.: Наука, 1988. – 228с.
42. Автоматизация производства на углеобогачительных фабриках//Л.Г. Мелькумов, В.А.Ульшин, М.А.Бастунский и др. - М.:Недра,1983.-286 с.
43. Рамазанов С.К., Ульшин В.А. Интеллектуальная система эколого-экономического управления технологическими процессами углеобогачительных фабрик//Автоматизация и современные технологии.- 1995. - N9. - с. 10-18.
44. Рамазанов С.К., Ульшин В.А. Эколого-экономическое управление процессом сушки угля при нечеткой информации// Автоматика.- 1995.- N 2. - с. 108-116.
45. Рамазанов С.К., Ульшин В.А. Критерий эколого-экономического управления технологическими процессами углеобогащения// Уголь Украины. - 1995. - N7. - с.27-29.
46. Рамазанов С.К., Ульшин В.А. Интегрированное интеллектуальное управление углеобогачительной фабрикой в системе экологического мониторинга//Автоматизация и современные технологии.- 1997. - N2. - с. 37-46.
47. Рамазанов С.К., Ульшин В.А. Экологическое управление производственно-транспортными потоками ОФ//Вестник ВУГУ. Луганск: ВУГУ, 1998.- 1(11). с.
48. Рамазанов С.К., Истомин Л.Ф. Планирование и управление технологией углеобогащения при эколого-экономическом мониторинге.//Вестник ВУГУ. Луганск: ВУГУ, 1998.- 1(11). с.
49. Рамазанов С.К., Расрас Р. Интеллектуальная система управления промышленным объектом непрерывного типа. //Вестник ВУГУ. Луганск: ВУГУ, 1998.- 1(11).
50. Рамазанов С.К., Расрас Р. A fuzzy-neural system (hybrid) for controlling multivariable industrial object in real time //Вісник Східноукраїнського держ. ун-ту.1998. - №3(13).-р. 57-62.
51. Рамазанов С.К. Модели управления производственно-транспортным комплексом в системе эколого-экономического мониторинга.//Вісник Східноукраїнського держ. ун-ту. - 1998. - №5(15).- с. 101-103.
52. Рамазанов С.К., Луцкий В.В. Оптимальное управление в системе эколого-экономического мониторинга //Вісник Східноукр. держ. університету.1999. – № 6(22). – с. 161-167.
53. Рамазанов С.К. Моделирование и управление транспортными потоками производственных систем в условиях переходной экономики.// Вісник СУДУ, Луганськ. – 1999. - №2 (18). - с. 202 – 207.
54. Рамазанов С.К., Костырко Л.А. Модель управления дебиторской и кредиторской задолженностью предприятия в условиях переходной эконо-

- мики //Вісник Східноукр. держ. університету. - 2000. - Ч.2. - №9(31). - с.20-22
55. Рамазанов С.К., Луцкий В.В. Динамическая модель управления переходной экономикой в условиях рисков и неопределенностей //Вісник Східноукр. держ. університету. - 2000. - Ч.1. - №9(31). - с.113-115.
  56. Рамазанов С.К. Моделі керування в системах еколого-економічного моніторингу в умовах перехідної економіки.//Економічна кібернетика: проблеми методології та підготовки фахівців. Матеріали V Всеукраїнської науково-методичної конференції. - Київ: КНЕУ, 2000. - с. 151 – 164.
  57. Рамазанов С.К., Бузько И.Р. Динамічні моделі в ризикології.// Матеріали V Всеукраїнської науково-методичної конференції. Київ: КНЕУ, 2000.с. 175 – 177.
  58. Рамазанов С.К. Моделирование и современные информационные технологии в социально-экономических и экологических системах. //Вісник СНУ, 2001, №9 (43). с. 154 – 166.
  59. Рамазанов С.К., Аптекарь М.Д. Современные парадигмы моделирования и мониторинга системы «Человек-Окружающая среда» в техногенном регионе // Материалы Международной конференции «Экология и безопасность жизнедеятельности – 2002»(Затока. Одесская область, 22-27 августа 2002 года). – Алчевск: ВОА МАНЭБ, ДГМИ, 2002. – с.93-100.
  60. Рамазанов С.К. Интегрированная система эколого-экономического мониторинга, управления и принятия решений // Сб. научных трудов ВНУ и Познаньского технического университета. Сер. Экология. - 2002. - №1. – с. 22-36.
  61. Рамазанов С.К. Сучасні проблеми керування перехідної економікою//Збірник наукових праць Східноукраїнського національного університету ім. Володимира Даля. Десятиріччю університету присвячується, 2003. - с.136-151.
  62. Рамазанов С.К., Мушнина Л.А. Нечеткое и нейросетевое моделирование в управлении производственными системами в условиях переходной экономики//Тезисы докладов VIII Всеукр. научно-методической конференции «Проблемы экономической кибернетики». - Алушта, 2003. – с. 147-148.
  63. Рамазанов С.К., Бузько И.Р., Яковлева О.А. Нелинейное моделирование в социально-экономических системах в условиях риска.//Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2003. – № 3(61). – с. 143-149.
  64. Рамазанов С.К. Интеллектуальная система поддержки решений диагностики кризисного состояния промышленного предприятия//Новое в экономической кибернетике: (Сб. науч. статей). – Сер. "Управление маркетинговым потенциалом предприятия". – Донецк: ДонНУ, 2003. - № 2.- с.47-55.
  65. Рамазанов С.К. Интеллектуальная система моделирования и управления эколого-экономическими рисками// Экономическая кибернетика: Международный научный журнал. – 2003.- №5-6. – с.65-71.
  66. Рамазанов С.К. Модели оптимизации инвестиционных проектов в усло-

- виях ризика// Управління проектами та розвиток виробництва: Зб. наукових праць. – 2003. - № 2. – с.124-130.
67. Рамазанов С.К. Интегральная нелинейная эколого-экономическая модель управления// Управління проектами та розвиток виробництва: Зб. наукових праць. – 2003. - № 3. – с.94-100.
68. Рамазанов С.К. Моделирование влияния новых технологий на производственно- экономическую систему// Управління проектами та розвиток виробництва: Зб. наукових праць. – 2004. - № 4. – с.
69. Рамазанов С.К. Нелинейная стохастическая эколого-экономическая модель управления предприятием// Зб. наукових праць “Економіка. Менеджмент. Підприємництво”. – Луганськ: Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля. – 2003. – № 11. – с.173-179.
70. Рамазанов С.К. Динамика и управление рисками в условиях смешанной неопределенности.//Экономическая кибернетика: Международный научный журнал. – 2004.- № . – с.
71. Рамазанов С.К. Модели эколого-экономического управления промышленным предприятием//Сб. наук. праць СНУ ім. В. Даля (Матеріали ІХ міжнародної конференції науково-практичної "Університет і регіон"). – Луганськ: Вид-во СНУ ім. В.Даля, 2004. - Частина друга. - с.141-142.
72. Рамазанов С.К. Нечеткая модель производственно-экономической системы в условиях корпоративного управления//Матеріали НПК „Моделі та інформаційні технології в управлінні соціально-економічними, технічними та екологічними системами”. – с. 2-4.
73. Рамазанов С.К., Мушина Л.А. Информационные технологии в управлении производственно-экономической системой//Зб. наукових праць „Інтелектуальні системи прийняття рішень та прикладні аспекти інформаційних технологій.- ISDMIT”2005”. – Євпаторія. – 2005. -с. 135-139..
74. Аптекарь М.Д., Рамазанов С.К., Припотень В.Ю., Руденко М.А. Информационно-энтропийный подход в анализе эколого-экономических систем// Вісник СНУ ім.. В. Даля, 2005. – № 5(87).-с. 265-272.
75. Рамазанов С.К., Припотень В.Ю. Нелинейная стохастическая модель динамики экономической системы// Материалы НПК „Моделі и информационные технологии в управлении социально-экономическими, техническими и экологическим системами”. – Луганск: ВНУ им. В. Даля. – 2005. – с.33-34.
76. Рамазанов С.К., Припотень В.Ю. Нелинейные модели социально-экономических и экологических процессов с хаотическим поведением (обзор и одно обобщение)// Матеріали ХІ НПК з проблем вищої освіти „Університети і регіон”. – Луганськ: СНУ ім.. В. Даля, 2005.
77. Рамазанов С.К., Припотень В.Ю. Проблемы динамики риска многокритериальной оптимизации в условиях неопределенности//Матеріали ХІ Всеукраїнської НМК «Проблемы экономической кибернетики». М. Партеніт (Крим), 2006.
78. Рамазанов С.К., Припотень В.Ю. Об одной задаче моделирования нелинейной динамической системы с шумом//Матеріали ХІ Всеукраїнської НМК «Проблемы экономической кибернетики». М. Партеніт (Крим),



- 2006.
79. Теория переходной экономики. Т. 1. Микроэкономика: Учебное пособие/ Под ред. В.В. Герасимова. – М.: ТИЕС, 1997. – 318с.; Т. 2. Макроэкономика: Учебное пособие/ Под ред. Е.В. Красниковой. М.: ТИЕС, 1998. – 231с.
80. Курс экономической теории. Общие основы экономической теории , микроэкономики, макроэкономики и переходной экономики: Учебное пособие. - М.: МГУ, Изд-во “ДИС”, 1997. – 736с.
81. Логистика: Учеб. Пособие/ Под ред. Б.А. Аникина. – М.: ИНФРА-М, 1997. –327с.
82. Ульшин В.А. Концепция развития автоматизации углеобогащительных фабрик //Уголь Украины. - 1993. - N11. - с.40-43.
83. Справочник по теории автоматического управления /Под ред. А.А. Красовского. -М.: Наука, 1989.- 782с.
84. Ульшин В.А., Сердюк Н.С., Копаница Д.Н. Комплексная аппаратура автоматизации технологических процессов на обогащительных фабриках //Уголь Украины. - 1983. - N4. - с.31-33.
85. Власов К.П. Основы автоматического управления технологическими процессами обогащения угля. - М.: Недра, 1985. - 188 с.
86. Иванилов Ю.П., Лотов А.В. Математические модели в экономике. – М.: Наука, 1979. –304с.
87. Лебедев В.В. Математическое моделирование социально-экономических процессов. – М.: Изограф, 1997. – 224с.
88. Петров А.А., Пospelов И.Г. Опыт математического моделирования экономики. М.: Энергоатомиздат, 1996. – 544с.
89. Ланкастер К. Математическая экономика. – М.: Сов. радио, 1972.- 236с.
90. Ашманов С. А. Математические модели и методы в экономике. – М.: МГУ, 1980. – 199 с.
91. Михалевич М.В. Макроекономіка. Навч. посібник для студентів економ. спец. ВНЗ. – К.: Вища шк., 2003. – 448с.
92. Кучин Б.Л., Якушева Е.В. Управление развитием экономических систем. Технический прогресс, устойчивость. – М.: Экономика, 1980. – 158с.
93. Пушкарь А.И. Модели управления производственно-экономических систем. – Харьков: ХГЭУ, 1997. – 268с.
94. Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование: Идеи, Методы. Примеры. – М.: Наука, Физматлит, 1997. – 320с.
95. Лаврик В.І Методи математичного моделювання в екології. – К.: Вид. дім "КМ Академія". – 2002. – 203с.
96. Шапкин А.С. Экономические и финансовые риски. Оценка, управление, портфель инвестиций: Монография. – М.: Издательско-торговая корпорация " Дашков и К0 ", 2003. – 544с.
97. Вітлінський В.В., Великоіваненко Г.І. Ризикологія в економіці та підприємстві. Монографія.– К.: КНЕУ, 2004. – 480с.
98. Ястремский А.И. Стохастические модели математической экономики. – К.: Вища шк., 1983. – 127с.
99. Огарков М.А. Методы статистического оценивания параметров случай-

- ных процессов. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 208с.
100. Бертсекас Д. Условная оптимизация и методы множителей Лагранжа: Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1987. – 400с.
101. Управление крупным промышленным комплексом в транзитивной экономике: Монография/ Под общей ред. проф. Ю.Г. Лысенко, проф. Н.Г. Гузя. – Донецк: ООО "Юго-Восток, Лтд", 2003.- 670с.
102. Фомин Я.А. Диагностика кризисного состояния предприятия. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 349с.
103. Вапник В.Н., Червоненкис А.Я. Теория распознавания образов. - М.: Наука, 1974. - 234с.
104. Растринин Л.А., Эренштейн Р.Х. Метод коллективного распознавания образов. - М.: Энергоатомиздат, 1981. - 46с.
105. Красс И. А. Математические модели экономической динамики. – М.: Сов. радио, 1976. -226с.
106. Колемаев В.А. Математическая экономика. – М.: ЮНИТИ, 1998.- 240с.
107. Математические методы принятия решений в экономике: Учебник/Под ред. В.А. Колемаева / ГУУ. – М.: ЗАО “Финстатинформ”, 1999. – 388с.
108. Гирусов Э.В. и др. Экология и экономика природопользования: Учебник для вузов/ Под ред. проф. Гирусова . - М.: Закон и право, ЮНИТИ, 1998. – 455с.
109. Бобылев С.Н., Ходжаев А.Ш. Экономика природопользования: Учебное пособие. - М.: ТЕИС, 1997. – 272с.
110. Математические модели трансформационной экономики: Уч. пособие/ Клебанова Т.С. и др.- Х.: ИД "ИНЖЕК", 2004. – 280с.
111. Сейдж Э., Мелс Дж. Теория оценивания и ее применение в связи и управлении: Пер. с англ./Под ред. Б.Р. Левина.- М.: Связь, 1976.- 432с.
112. Реклейтис Г., Рейвиндран А., Рехедел К. Оптимизация в технике.- М.: Мир, 1986. - Кн. 1. - 349 с.
113. Растринин Л.А. Современные принципы управления сложными объектами. - М.: Сов. радио, 1980. - 232с.
114. Эйкхофф П. Основы идентификации систем управления. - М.: Мир, 1975. - 348с
115. Израэль Ю.А. Проблемы охраны окружающей среды и пути их решения. -Л.: Гидрометеоиздат, 1984.- 48 с.
116. Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа. - М.: Наука, 1981. - 434с.
117. Остром К.Ю. Введение в теорию стохастического управления. - М.:Мир, 1973.-321с.
118. Бокс Дж., Дженкинс Г. Анализ временных рядов. Прогноз и управление. Вып. 1.-М.: Мир, 1974. -406 с.
119. Льюнг Л. Идентификация систем. Теория для пользователя: Пер. с англ. - М.: Мир, 1993.- 548с.
120. Медич Дж. Статистические оптимальные линейные оценки и управление: Пер. с англ. /Под ред. А.С.Шаталова.- М.: Энергия, 1973.-306с.
121. Банди Б. Методы оптимизации. Вводный курс. - М.: Радио и связь, 1988.- 128 с.

122. Химмельблау Д. Прикладное нелинейное программирование. - М.: Мир, 1975.- 534 с.
123. Нейлор К. Как построить свою экспертную систему.- М.: Энергоатомиздат, 1991.- 286 с.
124. Ульшин В.А., Павлюк Н.П., Травинин В.И. Автоматизированный контроль и управление экологической ситуацией на углеобогажительных фабриках //Уголь Украины. - 1994. - N2. - с.8-10.
125. Ульшин В.А. Концепция развития автоматизации углеобогажительных фабрик //Уголь Украины. - 1993. - N11. - с.40-43.
126. Ульшин В.А., Бардамид В.И., Меняйленко А.С. Математическая модель процесса горения топлива в слоевой топке. //Кокс и химия.-1985.-N8.-с.12-14.
127. Справочник по теории автоматического управления /Под ред. А.А. Красовского. -М.: Наука, 1989.- 782с.
128. Зенцев В.Н., Ковалева А.И., Ульшин В.А. Автоматическая оптимизация комплекса процессов обогащения угля //Система автоматизации, средства автоматики и связи для угольных предприятий: Сб. науч. трудов ин-та Гипроуглеавтоматизация. - М.,- 1990. - с. 124- 137.
129. Ульшин В.А., Сердюк Н.С., Копаница Д.Н. Комплексная аппаратура автоматизации технологических процессов на обогажительных фабриках //Уголь Украины. - 1983. - N4. - с.31-33.
130. Справочник по охране окружающей среды/В.Т. Сахаев, Б.В. Щербицкий. - К.: Будівельник, 1986. - 152с.
131. Денисов А. А., Колесников Д. Н. Теория больших систем управления.- Л.: Высш. шк, 1982. - 288 с.
132. Ивахненко А.Г., Лапа В.Г. Предсказание случайных процессов.- Киев: Наукова думка, 1971.-420с.
133. Макаров М.М. и др. Теория выбора и принятия решений. - М.: Наука, 1982.-322с.
134. Месарович М., Такахара Я. Общая теория систем: математические основы: Пер. с англ. - М.: Мир, 1978. - 311с.
135. Одум Ю. Экология: в 2-х томах / Пер. с англ. - М.: Мир. - Т.1.-1986. - 328 с., Т.2.- 1986. - 376 с.
136. Пугачев В.С., Сеницын Н.И. Стохастические дифференциальные системы. -М.: Наука, 1990.-632с.
137. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем: Учебник. - М.: Высш. шк., 1985.-271с.
138. Форрестер Дж. Мировая динамика. -М.: Мир, 1978.- 212с.
139. Цыпкин Я.З. Основы информационной теории идентификации. - М.: Наука, 1984.
140. Черноусько Ф.Л. Оценивание фазового состояния динамических систем. Метод эллипсоидов. - М.: Наука, 1988.-320с.
141. Савчук В.П., Прилипко С.И., Величко Е.Г. Анализ и разработка инвестиционных проектов. - Киев: Абсолют-В, Эльга, 1999.-304с.
142. Морозов В.П., Тихомиров В.П., Хрусталева Е.Ю. Гипертексты в экономике. Информационная технология моделирования: Учеб. пособие. - М.:

- Финансы и статистика, 1997. - 256с.
143. Пахомов Ю.М., Лук'яненко Д.Г., Губський Б.В. Національні економіки в глобальному конкурентному середовищі.-К.: Україна, 1997. - 237с.
  144. Виленский П.Л., Лившиц В.Н., Орлова Е.Р., Смоляк С.Л. Оценка эффективности инвестиционных проектов. - М.: Дело, 1998. - 248с.
  145. Данилов-Данильян В.И., Лосев К.С. Экологический вызов и устойчивое развитие. Уч. пособие. – М.: Прогресс-Традиция, 2000. – 416с.
  146. Голуб А.А., Струкова Е.Б. Экономика природных ресурсов. - М.: Аспект-Пресс, 1998. - 319с.
  147. Глушков В.М., Иванов В.В., Яненко В.М. Моделирование развивающихся систем. – М.: Наука, 1983. – 350с.
  148. Bellman R., Zadeh L.A. Decision - making in a fuzzy environment.- Management Science. 1970.-V.17.-p.141-162.
  149. Dillman R.A. A graphical emulaton systemfor robots designand program testing //Proc.XIII ISIR. Chicago, 1983. Vol. 1.p.1-15.
  150. Expert systems Impacts and potentials /Wiig Karl M. //KBS 86 : Knowl. Based Proc. Int. Conf. London, July 1986.
  151. Expert desision - support systems for decision-maiking /Lee Daniel T.J. Inf. Technol. 1988 v.3 , 2.
  152. Kumpati S. Narendra, Kannan Partahasaraty. Identification and Control of Dynamical Systems Using Neural Networks // IEEE Trans. Neural Networks, vol. 1, no. 1, Mar. 1990, pp. 4-27.
  153. Zudeh L. A. Knowledge representation in fuzzy logic // IEEE Trans. Knowledge and data engineering, 1989. - no. 1, pp. 253-283.
  154. Nie Junhong and Linkens D.A. Fuzzy reasoning implemented by Neural Networks// Proc. Int. Joint Conf. On Neural Networks (UCNN92). - Baltimore M.D., 1992.
  155. Timothy J. Ross. Fuzzy logic with engineering applicasions. - New York: McGraw-Hill, 1995. - 600p.
  156. Linkens D.A., Nie Junhong. Back-propagation Neural Networks based fuzzy controller with self learning teacher // Int. J. Control, 1994. - no. 60. - pp. 17-39.
  157. Fundamentals of expert systems /Bachman Bruce G., Smith Reid G.// Annu. Rev. Comput. Sci. Vol.3.
  158. Keith E. Williams McDonnell Douglas Automation, St.Louis, Mis-souri: Of-fline programming to the factory floo //Proc. AUTOFACTVI conf., Oct. 1-4, 1984, Cal.

Наукове видання

РАМАЗАНОВ Султан Курбанович  
ПРИПОТЕНЬ Владимир Юрьевич

**МЕТОДЫ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ  
УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЕМ В УСЛОВИЯХ  
НЕСТАБИЛЬНОСТЕЙ**

Редактор	<i>І.І. Іванова</i>
Техн. редактор	<i>С. К. Ніколаєва</i>
Оригінал-макет	<i>В. В. Сидоров</i>

Підписано до друку \_\_\_\_\_  
Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub> Папір типограф. Гарнітура Times.  
Друк офсетний. Умов. друк. арк. \_\_\_\_\_. Обл.-вид. арк. \_\_\_\_\_.  
Тираж 300 екз. Вид. № \_\_\_\_\_. Замов № \_\_\_\_\_. Ціна договірна.

Видавництво Східноукраїнського національного  
університету імені Володимира Даля

**Адреса видавництва :** 91034, м. Луганськ, кв. Молодіжний, 20а  
**Телефон:** 8 (0642) 41-34-12, **факс:** 8 (0642) 41-31-60  
**E-mail:** uni@snu.edu.ua **http:** www.snu.edu.ua